



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis

# **Tránsito vehicular y su incidencia en material particulado y ruido ambiental en las avenidas Norte, Sur y FBT, Nueva Cajamarca**

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

**Autor:**

Edinson Julón Huamán

<https://orcid.org/0000-0002-4780-997X>

**Asesor:**

Ing. M.Sc. Roydichan Olano Arévalo

<https://orcid.org/0000-0002-9603-2845>

**Código N° 6059622**

**Moyobamba, Perú**

**2023**



**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis

# **Tránsito vehicular y su incidencia en material particulado y ruido ambiental en las avenidas Norte, Sur y FBT, Nueva Cajamarca**

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

**Presentado por**

Edinson Julón Huaman

**Sustentado y aprobado el 04 de agosto del 2023, ante el honorable jurado:**

**Presidente de Jurado**  
Lic. Dr. Fabián Centurión Tapia

**Secretario de Jurado**  
Ing. M.Sc. Mirtha Felícita Valverde Vera

**Vocal de Jurado**  
Ing. Dra. Karina Milagros Ordoñez Ruiz

**Asesor**  
Ing. M.Sc. Roydichan Olano Arévalo

**Moyobamba, Perú**

**2023**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN  
FACULTAD DE ECOLOGÍA  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME FINAL DE TESIS  
CONDUCTENTES A TÍTULO PROFESIONAL N.º 014-2023-UNSM/EPIA/UI**

**Jurado reconocido con Resolución N.º 460-2021-UNSM/CFT/FE, Moyobamba, 31 de diciembre del 2021, Resolución N.º 185-2023-UNSM/CF/FE, 27 de abril del 2023.**

**FACULTAD DE ECOLOGÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

A las 2:30 pm del día viernes 04 de agosto del 2023, se dio inicio al acto público de sustentación del informe final de tesis: **“Tránsito vehicular y su incidencia en material particulado y ruido ambiental en las avenidas Norte, Sur y FBT, Nueva Cajamarca”** para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario, presentado por **Edinson Julón Huaman**, con la asesoría del **Ing. M.Sc. Roydichan Olano Arévalo**.

Instalada la Mesa Directiva conformada por el Lic. **Dr. Fabián Centurión Tapia** (Presidente del jurado), **Ing. M.Sc. Mirtha Felicita Valverde Vera** (Secretario), **Ing. Dra. Karina Milagros Ordoñez Ruiz** (Vocal) y acompañado por el **Ing. M.Sc. Roydichan Olano Arévalo** (Asesor), el presidente del jurado dirige brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la **Resolución N° 247-2022-UNSM/CFT/FE Moyobamba, 01 de agosto del 2022**.

Seguidamente el autor expuso el informe final de tesis y el jurado realizó las preguntas pertinentes, respondidas por el sustentante y evaluando, con la venia del jurado, por el asesor.

Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz, pero sin voto; sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG-CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue... **CATORCE..... (14)**), tal como se deja constar en la siguiente descripción.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN  
FACULTAD DE ECOLOGÍA  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



De acuerdo con el Artículo 40° del RG-CTI, la nota obtenida es APROBATORIA y correspondiente a la calificación de BUENO. Leído este resultado en presencia de todos los participantes del acto de sustentación, el secretario dio lectura a las observaciones subsanables al informe final que el autor deberá corregir y alcanzar al jurado en un plazo máximo de treinta (30) días calendarios.

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de sustentaciones N° 001 del Programa de Estudios de Ingeniería Ambiental de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ecología de la UNSM.

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del informe final tesis, en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las 16:30 horas, el mismo día 04 de agosto del 2023.

Lic. Dr. Fabián Centurión Tapia  
Presidente de Jurado

Ing. M.Sc. Mirtha Felícita Valverde Vera  
Secretario de Jurado

Ing. Dra. Karina Milagros Ordoñez Ruiz  
Vocal del Jurado

Ing. M.Sc. Roydichan Olano Arévalo  
Asesor

Edinson Julón Huamán  
Autor

## Declaratoria de autenticidad



**Edinson Julón Huaman**, con DNI N° 70564233, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Tránsito vehicular y su incidencia en material particulado y ruido ambiental en las avenidas Norte, Sur y FBT, Nueva Cajamarca.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Moyobamba, 04 de agosto del 2023.

  
  
.....  
**Edinson Julón Huaman**  
DNI N° 70564233

## Ficha de identificación

<p><b>Título del proyecto</b> Tránsito vehicular y su incidencia en material particulado y ruido ambiental en las avenidas Norte, Sur y FBT, Nueva Cajamarca</p>	<p><b>Línea de investigación: Calidad ambiental</b> <b>Tipo de investigación:</b> Básica <input checked="" type="checkbox"/>, Aplicada <input type="checkbox"/> Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p><b>Autor:</b> Edinson Julón Huamán</p>	<p>Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental <a href="https://orcid.org/0000-0002-4780-997X">https://orcid.org/0000-0002-4780-997X</a></p>
<p><b>Asesor:</b> Ing. M. Sc. Roydichan Olano Arévalo</p>	<p>Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental Unidad o Laboratorio Ingeniería Ambiental <a href="https://orcid.org/0000-0002-4594-1037">https://orcid.org/0000-0002-4594-1037</a></p>

## **Dedicatoria**

En primer lugar, este trabajo se lo dedico a mis amados padres, por la ayuda indispensable y constante que fueron para mi desde el inicio a final de mis estudios universitarios.

De igual forma dedicar este trabajo a mis hermanos, familiares y amigos, que por ellos apoyo moral nunca me faltó, consideración y respeto al máximo.



## **Agradecimientos**

A dios por sobre todas las cosas, por la salud y la bendición de cada día para que este sendero de la vida sea más fácil.

Asimismo, a mis padres, hermanos, familiares y amigos, que desinteresadamente siempre me brindaron apoyo de múltiples maneras durante mi etapa universitaria.

A mi asesor y coasesores por la predisposición y acompañamiento paso a paso desde la formulación del proyecto de tesis hasta lo último, que de esta manera me ayudan a lograr una de mis metas trazadas.

## Índice general

Ficha de identificación.....	6
Dedicatoria.....	7
Agradecimientos .....	8
Índice general .....	9
Índice de tablas.....	11
Índice de figuras.....	12
RESUMEN .....	13
ABSTRACT .....	14
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN.....	15
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes de la investigación .....	18
2.2. Fundamentos teóricos.....	20
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS .....	29
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación .....	29
3.1.1 Contexto de la investigación.....	29
3.1.2 Periodo de ejecución .....	29
3.1.3 Control ambiental y protocolos de bioseguridad.....	29
3.1.4 Aplicación de principios éticos internacionales.....	29
3.2. Sistema de variables .....	30
3.2.1 Variables principales .....	30
3.2.2 Variables secundarias .....	30
3.3. Procedimientos de la investigación .....	31
3.3.1 Objetivo específico 1 .....	33
3.3.2 Objetivo específico 2 .....	34
3.3.3 Objetivo específico 3 .....	36
3.3.4 Objetivo específico 4 .....	37
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.1 Cuantificar el tránsito vehicular en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca.....	41
4.2 Evaluar los niveles de ruido en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca.....	45

4.3	Evaluar los niveles de material particulado (PM2,5 y PM10) en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca .....	47
4.3.1	Niveles de material particulado PM2,5 en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca.....	47
4.3.2	Niveles de material particulado PM10 en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca.....	50
4.4	Analizar la incidencia del tránsito vehicular en los niveles de ruido ambiental y material particulado en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca .....	53
4.4.1	Incidencia del tránsito vehicular en los niveles de ruido ambiental en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca.....	53
4.4.2	Incidencia del tránsito vehicular en los niveles de material particulado en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca .....	54
4.5	Discusión de resultados.....	58
CONCLUSIONES .....		61
RECOMENDACIONES .....		62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		63
ANEXOS .....		70

## Índice de tablas

Tabla 1. <i>Características del tránsito vehicular</i> .....	21
Tabla 2. <i>Efectos del material particulado en la salud y el ambiente</i> .....	24
Tabla 3. <i>Estándares nacionales de calidad ambiental para aire – Material particulado</i> .....	24
Tabla 4. <i>Clasificación del ruido</i> .....	25
Tabla 5. <i>Efectos de la contaminación acústica en la salud humana</i> .....	27
Tabla 6. <i>Estándares de calidad ambiental para ruido</i> .....	28
Tabla 7. <i>Descripción de variables por objetivo específico</i> .....	30
Tabla 8. <i>Puntos de muestreo</i> .....	32
Tabla 9. <i>Prueba de normalidad para el conjunto de datos de las variables</i> .....	38
Tabla 10. <i>Flujo vehicular promedio según tipo de vehículos</i> .....	44
Tabla 11. <i>Correlación Rho de Spearman entre el tránsito vehicular y los niveles de ruido ambiental</i> .....	53
Tabla 12. <i>Correlación Rho de Spearman entre el tránsito vehicular y material particulado PM<sub>2,5</sub></i> .....	55
Tabla 13. <i>Correlación Rho de Spearman entre el tránsito vehicular y material particulado PM<sub>10</sub></i> .....	55

## Índice de figuras

Figura 1. <i>Comparación de tamaño de partículas.</i> .....	22
Figura 2. <i>Fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos.</i> .....	23
Figura 3. <i>Cantidad promedio de vehículos en la avenida FBT.</i> .....	41
Figura 4. <i>Cantidad promedio de vehículos en la avenida Cajamarca Sur.</i> .....	42
Figura 5. <i>Cantidad promedio de vehículos en la avenida Cajamarca Norte.</i> .....	42
Figura 6. <i>Niveles promedios de ruido en la avenida FBT.</i> .....	45
Figura 7. <i>Niveles promedios de ruido en la avenida Cajamarca Sur.</i> .....	46
Figura 8. <i>Niveles promedios de ruido en la avenida Cajamarca Norte.</i> .....	46
Figura 9. <i>Comparación de niveles promedios de ruido con ECA para ruido, zona residencial y comercial.</i> .....	47
Figura 10. <i>Niveles promedios de PM<sub>2,5</sub> en la avenida FBT.</i> .....	48
Figura 11. <i>Niveles promedios de PM<sub>2,5</sub> en la avenida Cajamarca Sur.</i> .....	48
Figura 12. <i>Niveles promedios de PM<sub>2,5</sub> en la avenida Cajamarca Norte.</i> .....	49
Figura 13. <i>Comparación de niveles promedios de PM<sub>2,5</sub> con ECA para aire, 24 horas.</i> .....	49
Figura 14. <i>Niveles promedios de PM<sub>10</sub> en la avenida FBT.</i> .....	51
Figura 15. <i>Niveles promedios de PM<sub>10</sub> en la avenida Cajamarca Sur.</i> .....	51
Figura 16. <i>Niveles promedios de PM<sub>10</sub> en la avenida Cajamarca Norte.</i> .....	52
Figura 17. <i>Comparación de niveles promedios de PM<sub>10</sub> con ECA para aire, 24 horas.</i> .....	52
Figura 18. <i>Correlación lineal entre el tránsito vehicular y ruido ambiental.</i> .....	53
Figura 19. <i>Prueba de significancia para relación entre el tránsito vehicular y el ruido ambiental.</i>	54
Figura 20. <i>Correlación lineal entre el tránsito vehicular y los niveles de material particulado PM<sub>2,5</sub>.</i> .....	56
Figura 21. <i>Correlación lineal entre el tránsito vehicular y los niveles de material particulado PM<sub>10</sub>.</i> .....	56
Figura 22. <i>Prueba de significancia para relación entre el tránsito vehicular y material particulado PM<sub>2,5</sub>.</i> .....	57
Figura 23. <i>Prueba de significancia para relación entre el tránsito vehicular y material particulado PM<sub>10</sub>.</i> .....	57

## RESUMEN

### Tránsito vehicular y su incidencia en material particulado y ruido ambiental en las avenidas Norte, Sur y FBT, Nueva Cajamarca

La ciudad de Nueva Cajamarca durante los últimos años ha venido creciendo considerablemente y junto con ello se genera un incremento considerable del tránsito vehicular, el mismo que es perceptible y mucho más en las principales avenidas como es el caso Cajamarca Sur, Norte y FBT, lo cual genera ruido ambiental y material particulado en niveles capaces de alterar el ambiente y la salud poblacional. El objetivo general fue "Evaluar el tránsito vehicular y su incidencia en material particulado y ruido ambiental en las avenidas Norte, Sur y FBT, Nueva Cajamarca". El proyecto se realizó en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT del distrito de Nueva Cajamarca, provincia de Rioja y departamento de San Martín. El periodo de ejecución fue de 8 meses (desde el 01-08-2022 al 30-03-2023). La población fue de 33 cuadras de las 3 avenidas y la muestra estuvo constituido por 25 cuadras y el diseño de investigación fue no experimental – transversal de tipo correlacional. Se realizó la cuantificación del tránsito de 11 tipos de vehículos, la medición de niveles de ruido con un sonómetro como instrumento y la medición de material particulado (PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>) con un detector de aire multifuncional de modelo AX-8016, el tiempo de medición en cada punto de muestreo fue en lapsos de cada 10 minutos durante 1 hora, cuyos datos fueron registrados en fichas de recolección de datos; asimismo, para evaluar los niveles de ruido ambiental y material particulado se compararon con los ECA-Ruido y ECA-Aire, respectivamente; para procesar y analizar los datos se utilizó la estadística descriptiva y la estadística inferencial (correlación Rho de Spearman y prueba de significancia al 95%), se utilizaron programas como Excel y SPSS Statistics. Se cuantificó un mayor promedio de vehículos (2 155 veh/h) en la avenida FBT y el menor promedio (51 veh/h) en la avenida Cajamarca Norte, en cada avenida los vehículos menores o livianos (motokar y motocicleta) son los que circulan en mayor cantidad; asimismo, en la avenida FBT se determinó el mayor promedio de ruido (92,5 dB (A)), PM<sub>2,5</sub> (0,67 µg\*hora/m<sup>3</sup>) y PM<sub>10</sub> (0,73 µg\*hora/m<sup>3</sup>); y, en la avenida Cajamarca Norte se determinó el menor promedio de ruido (60,9 dB (A)), PM<sub>2,5</sub> (0,23 µg\*hora/m<sup>3</sup>) y PM<sub>10</sub> (0,28 µg\*hora/m<sup>3</sup>); finalmente, se determinó relación estadísticamente significativa entre el tránsito vehicular y los niveles de material particulado (PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>) y ruido ambiental en las avenidas Cajamarca Norte, Sur y FBT. Se concluye que, a un 95% de confianza a mayor tránsito vehicular entonces habrá mayor incidencia en los niveles de ruido ambiental y material particulado PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>.

**Palabras clave:** Material particulado PM<sub>2,5</sub>, material particulado PM<sub>10</sub>, ruido ambiental, tránsito vehicular.

## ABSTRACT

Vehicular traffic and its impact on particulate matter and environmental noise in North, South and FBT avenues, Nueva Cajamarca

The city of Nueva Cajamarca has been growing considerably during the last few years and, consequently, there has been a considerable increase in vehicular traffic, which is noticeable particularly in the main avenues such as Cajamarca South, North and FBT, which generates environmental noise and particulate material at levels capable of altering the environment and the health of the population. The general objective was "To evaluate vehicular traffic and its impact on particulate matter and environmental noise in the avenues North, South and FBT, Nueva Cajamarca". The project was carried out in the avenues Cajamarca South, North and FBT in the district of Nueva Cajamarca, province of Rioja and department of San Martín. The execution period was 8 months (from 01-08-2022 to 30-03-2023). The population consisted of 33 blocks of the 3 avenues and the sample consisted of 25 blocks, the research design was non-experimental - cross-sectional of a correlational type. The traffic of 11 types of vehicles was quantified, noise levels were measured with a sound level meter and particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>) was measured with a multifunctional air detector model AX-8016, the measurement time at each sampling point was every 10 minutes for 1 hour. The data were recorded on data collection sheets, and the levels of ambient noise and particulate matter were compared with the ECA-Noise and ECA-Air, respectively, to evaluate the levels of ambient noise and particulate matter. Descriptive statistics and inferential statistics (Spearman's Rho correlation and 95% significance test) were used to process and analyze the data, using programs such as Excel and SPSS Statistics. The highest average number of vehicles (2,155 vehicles/hour) was found on the FBT avenue and the lowest average (51 vehicles/hour) on the Cajamarca North avenue; in each avenue, small or light vehicles (motokars and motorcycles) are the ones that circulate in greater numbers. Likewise, the highest average noise levels (92.5 dB (A)), PM<sub>2.5</sub> (0.67 µg\*hour/m<sup>3</sup>) and PM<sub>10</sub> (0.73 µg\*hour/m<sup>3</sup>) were recorded on FBT Avenue; and the lowest average noise levels (60.9 dB (A)), PM<sub>2.5</sub> (0.23 µg\*hour/m<sup>3</sup>) and PM<sub>10</sub> (0.28 µg\*hour/m<sup>3</sup>) were recorded on Cajamarca North Avenue. Finally, a statistically significant relationship was determined between vehicular traffic and the levels of particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>) and environmental noise on Cajamarca North, South and FBT avenues. It is concluded that, at a 95% confidence level, the higher the vehicular traffic, the higher the incidence of environmental noise and as well as PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> particulate matter levels.

**Keywords:** PM<sub>2.5</sub> particulate matter, PM<sub>10</sub> particulate matter, environmental noise, vehicular traffic.





## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

La contaminación atmosférica por partículas y la contaminación acústica son un problema de la vida cotidiana (Jandacka *et al.*, 2019), cuyos impactos ambientales que se generan, han creado intereses particulares durante los últimos años por su relación con problemas de salud como asma, bronquitis, enfermedades cardiovasculares, hipertensión e infarto de miocardio (Tezel *et al.*, 2019). El sonido generado por los vehículos, como las bocinas, crean el peor ambiente posible; asimismo, el elevado tránsito motorizado es el principal contribuyente al incremento de externalidades, emisiones de vehículos y otros contaminantes que alteran al ambiente y la atmósfera, generando fenómenos atmosféricos negativos, el calentamiento global y cambio climático (Mansour y Aljamil, 2022).

Cada vez hay más pruebas de que la exposición a la contaminación atmosférica y al ruido del transporte está relacionada con el riesgo de hipertensión (Adza *et al.*, 2022). Asimismo, diversas investigaciones durante varias décadas son pruebas convincentes de que la exposición a la contaminación de la atmósfera genera diversas enfermedades, por ejemplo, estudios en Europa y EE.UU. constataron un incremento aproximado de 1% de la muerte cardiovascular ante un incremento de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de la concentración diaria de PM<sub>2,5</sub> y un análisis exhaustivo de 12 estudios de cohortes europeos encontraron que al aumentar 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  la media anual de PM<sub>2,5</sub> el riesgo de eventos coronarios se incrementa en 13%; por otro lado, la exposición al ruido desencadena un aumento de las respuestas simpáticas (reacciones de lucha-huida) y una mayor liberación de corticoides (reacciones de derrota) (Röösli, 2019).

La contaminación del aire representa a uno de los mayores riesgos ambientales que hay para la salud, cuyas estimaciones de 2019 refieren en ciudades y zonas rurales a nivel mundial que la contaminación del aire provoca al año 4,2 millones de muertes prematuras por la exposición a materia particulada fina, generando enfermedades respiratorias y cardiovasculares, como también cánceres (World Health Organization [WHO], 2022). Por otro lado, en Europa, exponerse a niveles de ruido ambiental durante periodos largos favorece al desarrollo de 48 000 nuevos de cardiopatía isquémica y el número de muertes prematuras generadas es de 12 000; asimismo, 22 millones padecen de molestias crónicas y 6,5 millones de sufren de alteraciones crónicas de sueño (European Environment Agency [EEA], 2020).

Según France 24 (2019), Perú es el primer país de Latinoamérica con mayor contaminación, ubicado en el puesto 21 a nivel mundial, lo que lo convierte como el país más contaminado de América Latina; en tanto, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2018), de acuerdo a investigaciones desarrolladas por especialistas de la “Subdirección de Evaluación del Ambiente Atmosférico” recalca que el problema de elevados niveles de PM10 y PM2,5 mantienen relación con horarios de mayor tránsito vehicular (entre las 6:00 y 9:00 horas y 18:00 a 21:00 horas).

De igual manera, en nuestro país, la problemática de contaminación acústica no pasa por desapercibido, los niveles de presión sonora exceden los 75 dB debido al desarrollo del parque automotor, la industria y otras actividades, ocasionando problemas que se reflejan en la forma de vida del ser humano (Ordóñez *et al.*, 2021); asimismo, en Arequipa (avenidas Goyenechea e Independencia) Herrera (2019) encontró que la circulación de vehículos y malos hábitos como: gritos de cobradores, aceleraciones bruscas, uso de bocinas en exceso, silenciadores en mal estado o modificados, motores ruidosos, etc., causa estrés severo, moderado y leve en el 13,3; 31,0 y 56,0% de pobladores; así también, Quispe *et al.* (2021) encontró que la salud poblacional se reduce en 0,26 años al incrementarse el ruido percibido en 1% en el ruido percibido, por efectos de la contaminación sonora.

En la región San Martín, diversas investigaciones desarrolladas desde hace varios años atrás como también recientes, muestran la problemática sobre los elevados niveles de ruido y material particulado, los cuales durante los últimos años continúan incrementándose debido a un mayor crecimiento del flujo vehicular y desarrollo de actividades socioeconómicas en las ciudades, esto no es ajeno en Nueva Cajamarca, una ciudad que ha crecido de forma considerable en los últimos años y paralelamente se incrementó el desarrollo de distintas actividades socioeconómicas, generando aumento del tránsito vehicular en las principales avenidas (carretera Fernando Belaunde Terry y las avenidas Cajamarca Sur y Norte) que son muy transitadas durante todas las horas del día por vehículos y pobladores. Es así que, la presente investigación buscó evaluar la incidencia del tránsito vehicular en los niveles de material particulado y ruido ambiental en las avenidas Norte, Sur y FBT de Nueva Cajamarca.

La investigación se enmarcó en la problemática: ¿En qué medida el tránsito vehicular incide en material particulado y ruido ambiental en las avenidas Norte, Sur y FBT, Nueva Cajamarca?, planteándose a partir de ello  $H_1$ : A mayor tránsito vehicular entonces mayor incidencia en material particulado y ruido ambiental en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT, Nueva Cajamarca; y,  $H_0$ : A mayor tránsito vehicular entonces menor incidencia

en material particulado y ruido ambiental en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT, Nueva Cajamarca. El objetivo general fue “Evaluar el tránsito vehicular y su incidencia en material particulado y ruido ambiental en las avenidas Norte, Sur y FBT, Nueva Cajamarca” y los objetivos específicos fueron, 1ro: Cuantificar el tránsito vehicular en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca; 2do: Evaluar los niveles de ruido en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca, 3ro: Evaluar los niveles de material particulado (PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>) en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca; y, 4to: Analizar la incidencia del tránsito vehicular en los niveles de ruido y material particulado en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca.

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### Antecedentes internacionales

Azhari *et al.* (2021), en el centro de la ciudad de Kuala Lumpur, evaluaron y predijeron las concentraciones de PM10 y PM2,5 generado por fuentes viales. Encontraron que, durante el periodo “business as usual (BAU)” la concentración media anual de PM10 osciló entre 41,4 – 65,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y el PM2,5 varió entre 30,4 – 43,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; en tanto, en el periodo de reducción del tráfico del 30% la concentración de PM10 osciló entre 40,5 – 59,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y el PM2,5 varió entre 29,9 – 40,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; por otro lado, la media de PM10 y PM2,5 en el punto de control continuo de la calidad del aire (CAQMS) fue de 36,4 y 28,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente.

Ukpebor *et al.* (2021), en la ciudad de Benin en Nigeria, evaluaron las repercusiones de la mejora de medidas de control del tráfico en la calidad atmosférica (monóxido de carbono (CO) y partículas en suspensión (SPM)) y niveles de ruido. Encontraron efectos positivos en la reducción de CO (89,7%) de 19,4 ppm (2010) a 2,0 ppm (2018) y SPM (49,4%) de 447,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (2006) a 226,06  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (2018); en tanto, los niveles de ruido tuvieron una menor reducción (6,41%) de 78,18 dB (A) (2005) a 73,17 dB (A) (2018). Concluyeron que, en Benin la principal fuente de emisión de ruido fue el tráfico rodado.

Farooqi *et al.* (2020), en un centro industrial de Pakistán, evaluaron la polución acústica y las repercusiones en el estado de salud de los pobladores. Encontraron que, en cada punto de muestreo las concentraciones de ruido medidos fueron mayores a lo permitido en los tres horarios (mañana, tarde y noche), con una concentración máxima de 102 dB; de acuerdo a la encuesta, el 94% de encuestados refirieron padecer dolor de cabeza, el 76% insomnio, el 74% hipertensión, el 74% estrés fisiológico, el 64% niveles elevados de presión arterial y el 60% mareos debidos al ruido.

Paiva *et al.* (2019), en Brasil, evaluaron la exposición la relación entre los niveles de exposición al ruido del tráfico rodado en áreas residenciales y la molestia resultante en base a la percepción y sensibilidad. Encontraron que, el ruido en la totalidad de estaciones de monitoreo superó el nivel crítico para la zona (55 dB(A)); además, de acuerdo a un total de 225 entrevistas, el 48,4% de personas refirieron molestias relacionados con el ruido, observando relaciones entre vivir en áreas expuestas al ruido del tránsito y sentirse molesto por el ruido generado ( $p < 0,001$ ).

### **Antecedentes nacionales**

Urteaga (2023), en el ámbito urbano de los “Baños del Inca”, evaluó los niveles de polución sonora generado por el tránsito de vehículos. Encontró que, de 34 puntos de monitoreo el 71% excedieron el estándar de 60 dB establecido por los ECA de ruido; asimismo, en la zona mixta encontró niveles de ruido entre 50,8 y 73,7 dB y las mayores concentraciones alcanzaron los 74,2 dB en horario mañana; por otro lado, estableció relación directa entre el ruido y volumen de flujo vehicular.

Medina y Quispe (2022), en la ciudad de Juliaca, específicamente en la salida Lampa (trayecto Jr. América – Jr. Kantú), evaluaron el material particulado y el tráfico vehicular (liviano y pesado). Encontraron concentraciones de PM10 de 87,5 y 79,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el Jr. Kantú y Jr. América, respectivamente; niveles que no sobrepasaron el ECA para PM10 en 24 horas (100,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) por la existencia de lluvias.

Sánchez y Aldaba (2022), en 3 zonas con características diferentes de la provincia de Coronel Portillo (carretera Santa Rosa (A), carretera Federico Basadre km 10 (B) y plaza de Pucallpa (C)), determinaron la incidencia de las características antrópicas en las concentraciones de material particulado (PM2,5 y PM10). Encontraron que, en la zona “C” hubo relación altamente significativa y significativa en los niveles de PM10 y PM2,5 por el tránsito de vehículos; en la zona “B”, las características antrópicas tuvieron relación altamente significativa con el PM2,5 y significativa con PM10; y, en la zona “A” el tránsito vehicular se relacionó moderadamente con los niveles de PM10 y PM2,5; los niveles de PM2,5 en la zona A, B y C fueron 43,01; 35,55 y 31,09  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente; y, los niveles de PM10 en A, B y C fueron 136,79; 220,08 y 126,99  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente, todos los valores de PM10 excedieron los ECA.

Castillo y Yalli (2021), evaluaron en la ciudad de Huancavelica las concentraciones del ruido ambiental generado debido al tránsito de vehículos. Encontraron que, los niveles de ruido fueron considerablemente superiores a 60 dB, excediendo de esta manera el estándar, obteniendo un valor máximo de 74,5 dB, mínimo de 59,6 dB y promedio de 64,95 dB; además, comprobaron mediante el cuestionario una percepción regular de los pobladores y percepción negativa mediante Rho de Spearman.

### **Antecedentes regionales**

Rubio (2020), en Moyobamba, monitoreó niveles de ruido ambiental en 11 grifos, teniendo como objetivo estimar el estado de polución ambiental por el ruido en los grifos. Encontró que, los máximos niveles de ruido se generan durante la mañana (83,2 dB), tarde (82,8 dB) y noche (82,2 dB) fueron registrados en el grifo Repsol, niveles de ruido

que se deben principalmente a que se encuentra en una calle muy transitada por vehículos, tiene mayores ventas y cuenta con minimarket en horario nocturno.

## **2.2. Fundamentos teóricos**

### **2.2.1. Tránsito vehicular**

El tráfico o tránsito es la acción que realizan las personas al circular por espacios públicos a pie o en medios de transporte (vehículos), tratándose de un fenómeno físico y al mismo tiempo social (Fernández, 2011). El tráfico rodado es una problemática en ascenso en las ciudades con gran población (Silva *et al.*, 2014) y en las ciudades europeas se encuentra entre las fuentes principales de polución atmosférica (Reche *et al.*, 2022).

El tráfico vehicular está atrayendo un creciente interés científico debido a sus conexiones con otros problemas importantes, por ejemplo, contaminación ambiental y congestión de las ciudades. La planificación y la gestión racionales de los flujos de vehículos son temas clave en las sociedades modernas desde la perspectiva económica y social, tal y como lo demuestra el creciente número de proyectos destinados a controlar la calidad del tráfico por carretera (Piccoli y Tosin, 2009).

El crecimiento del tránsito vehicular a nivel mundial genera enormes cantidades de emisiones de gases contaminantes, los cuales alteran a la salud poblacional mediante la generación de problemas pulmonares y respiratorios. De igual manera, acciones como la escasa educación ambiental y la planificación vial ineficiente terminan ocasionando problemas en muchas ciudades, produciendo malestares en los pobladores por la elevada polución del aire y ruido (Muñoz *et al.*, 2021).

La contaminación del aire y el ruido procedente del tráfico rodado urbano se han relacionado con los efectos adversos para la salud, por ejemplo, las enfermedades cardiovasculares (ECV), aunque sus mecanismos de generación y propagación varían (Khan *et al.*, 2020).

### **Características del tránsito vehicular**

Dentro de las principales características del tránsito vehicular se encuentran: la intensidad o volumen del tráfico, la densidad y la velocidad (Mozo, 2012). En la Tabla 1, se muestran algunos detalles de las características del flujo vehicular.

**Tabla 1**  
*Características del tránsito vehicular*

<b>Características</b>	<b>Descripción de las características</b>
Velocidad	Se define como una razón de movimiento en distancia por una unidad de tiempo, particularmente como kilómetros por hora (km/h).
Volumen o intensidad del tráfico	Se define como la cantidad de vehículos que pasan por una estación determinada durante un intervalo de tiempo. La unidad está representada por simplemente “vehículos” o “vehículos por unidad de tiempo”.
Factor de hora pico	Da a conocer la variación en la circulación de vehículos dentro de una hora.
Densidad	Representa al número de vehículos que se encuentran en una cierta longitud de un carril o carretera y que usualmente se expresa como vehículos por kilómetro (veh/km).

Fuente: Tomado y adaptado de Mozo (2012).

### **2.2.2. Material particulado**

El material particulado (PM) es un término genérico para clasificar los contaminantes del aire que consisten en partículas suspendidas en el aire, que varían en composición y tamaño como resultado de diversas actividades antropogénicas (El Morabet, 2018). El PM es uno de los principales contaminantes emitidos por los vehículos (Azhari *et al.*, 2021) y contribuye significativamente a la contaminación ambiental, afecta negativamente la salud humana y daña irreparablemente a todos los seres vivos (Šarkan *et al.*, 2023).

El material particulado o también conocido como contaminación por partículas, es un término empleado para una combinación de partículas sólidas y gotas líquidas presentes en el medio atmosférico. Algunas partículas como humo, hollín, suciedad o polvo son lo suficientemente oscuras y grandes para ser vistas, existen otras que son tan pequeñas que solamente se pueden detectar a través del empleo de microscopios electrónicos (Environmental Protection Agency [EPA], 2022c).

Las fuentes móviles de emisiones en carretera contribuyen de manera importante a la contaminación por partículas (PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>) en las ciudades. Sin embargo, la cuantificación de dicha contaminación es un gran desafío debido a la cantidad de factores que interactúan y afectan las emisiones, como la categoría del vehículo, el estándar de emisión, la velocidad del vehículo y las condiciones climáticas (Salva *et al.*, 2021).

De acuerdo a la (EPA, 2022c) la contaminación por partículas incluye:



### a. Material particulado < 2,5 $\mu\text{m}$ (PM<sub>2,5</sub>)

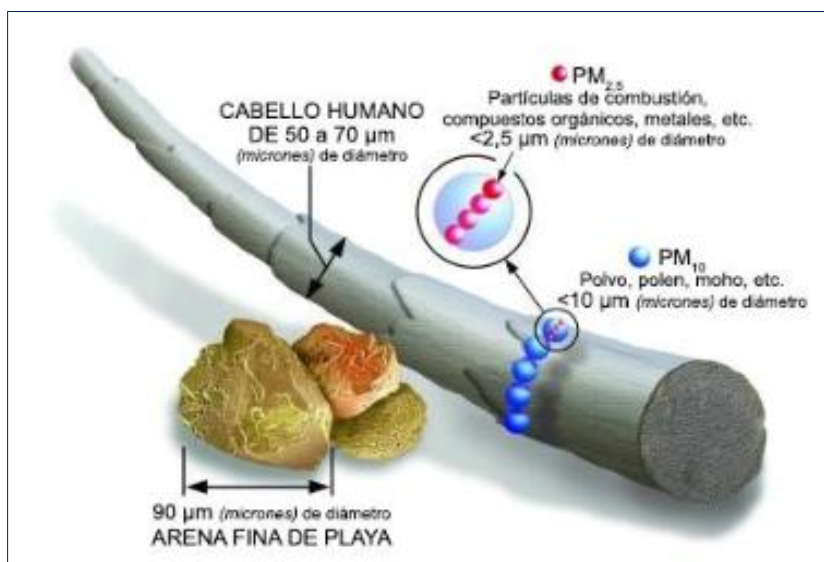
Tipo de partículas inhalables finas, cuyo diámetro generalmente es de 2,5 micrómetros y menores. Incluye a partículas de combustión, compuestos orgánicos, metales, etc. (Figura 1) (EPA, 2022c).

Las partículas finas (PM<sub>2,5</sub>) proceden principalmente de las emisiones de combustión. El transporte por carretera se considera una de las principales fuentes de emisión de PM<sub>2,5</sub>. La relación entre el transporte por carretera y la concentración de PM<sub>2,5</sub> varía temporal y espacialmente, y la estimación de esta variación es importante para la elaboración de políticas (Li y Managi, 2021).

### b. Material particulado < 10 $\mu\text{m}$ (PM<sub>10</sub>)

Tipo de partículas inhalables, cuyo diámetro generalmente es de 10 micrómetros y menores. Incluye a partículas de polvo, polen, moho, etc. (Figura 1) (EPA, 2022c).

El PM<sub>10</sub> es un contaminante criterio, cuya elevada presencia en el medio atmosférico puede alterar la calidad del aire y salud del ser humano, debido a que por sus características de tamaño pequeño tienen la capacidad de adherirse de manera fácil en el sistema respiratorio (Mayorga, 2019).



**Figura 1**

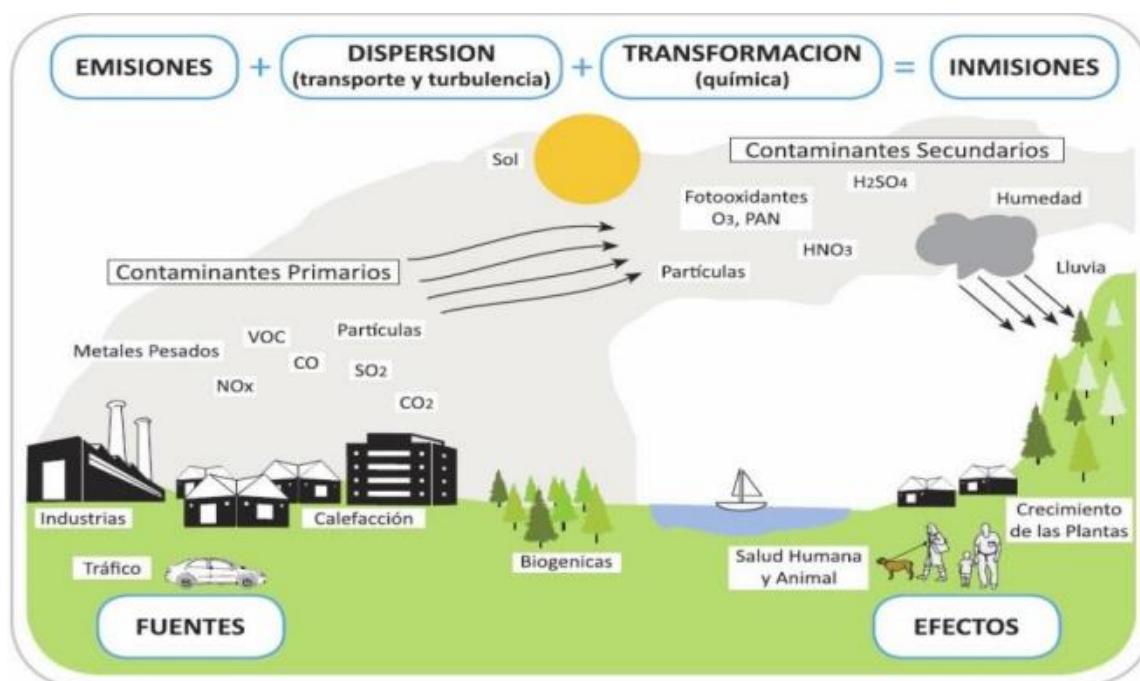
*Comparación de tamaño de partículas.* Fuente: EPA (2022c).

### 2.2.3. Fuentes de material particulado

De acuerdo a su origen, el material particulado puede ser generado por fuentes naturales o antropogénicas y cuentan con un rango amplio de propiedades termodinámicas, químicas, físicas y morfológicas (Arciniégas, 2012). Las fuentes antropogénicas se

relacionan a las actividades humanas, particularmente en sectores urbanos y áreas industriales, por ejemplo, el parque automotor, instalación de combustión para producir electricidad y calor, calefacciones domésticas, procesos industriales, actividades agrícolas, actividades de construcción civil y otros (Buñay, 2022). En tanto, en las fuentes naturales de material particulado, las partículas son emitidas a la atmósfera por procesos y fenómenos naturales, por ejemplo, incendios forestales, acción erosiva eólica, quema de biomasa, emisiones biogénicas, resuspensión de suelos, actividades sísmicas y oceánicas, erupciones volcánicas y otras (González, 2018).

Asimismo, de acuerdo al proceso de formación, el material particulado puede clasificarse en partículas primarias y secundarias (Figura 2); el primero, se emiten de manera directa desde la fuente al medio atmosférico, sin transformarse física o químicamente; el segundo, resulta del proceso de transformaciones químicas a partir de emisión de precursores gaseosos (González, 2012).



**Figura 2**

*Fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos.* Fuente: Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019), como se citó en Núñez (2019).

#### 2.2.4. Efectos del material particulado en la salud y el ambiente

En la tabla 2, se presentan algunos efectos a la salud y ambiente que puede causar la exposición a material particulado.

**Tabla 2***Efectos del material particulado en la salud y el ambiente*

Efectos		Descripción
En la salud		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asma agravada.</li> <li>- Latidos irregulares.</li> <li>- Infartos de miocardio no mortales.</li> <li>- Muertes prematuras por enfermedades pulmonares y cardíacas.</li> <li>- Síntomas respiratorios aumentados (dificultad para respirar, tos e irritación en vías respiratorias).</li> </ul>
	Deterioro en la visibilidad	- Las partículas finas representan a la principal causa de visibilidad reducida (bruma).
En el ambiente	Daño ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contribución a efectos de lluvia ácida.</li> <li>- Alteración en la diversidad de ecosistemas.</li> <li>- Daño en cultivos agrícolas y bosques sensibles.</li> <li>- Reducción de nutrientes de suelos.</li> <li>- Variación en el balance nutricional de aguas costeras y grandes cuencas fluviales.</li> <li>- Arroyos y lagos se vuelven ácidos.</li> </ul>
	Daños sobre materiales	- Puede dañar y manchar a piedras y otros materiales, incluido objetos importantes como monumentos y estatuas.

*Fuente:* Tomado y adaptado de (EPA, 2022b).

### 2.2.5. Estándares de calidad ambiental para aire (ECA-Aire)

Los ECA corresponden a la medida del nivel de concentración o del grado de elementos, químicos, biológicos sustancias o parámetros físicos, presentes en el aire. Según el parámetro en particular, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos o mínimos. Los ECA tienen caracteres obligatorios en el contexto de las normas legales y las políticas públicas, y también en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental (MINAM, 2017).

**Tabla 3***Estándares nacionales de calidad ambiental para aire – Material particulado*

Parámetros	Valores expresados en ug/m <sup>3</sup>	
	24 horas	Anual
Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM <sub>2,5</sub> )	50	25
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	100	50

*Fuente:* Tomado y adaptado de Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM.

### 2.2.6. Ruido ambiental

Es la mezcla compleja de sonidos con diversas frecuencias, considerándose a partir de un sentido más amplio como cualquier sonido no deseado o aquel que es capaz de interferir en el desarrollo de actividades del ser humano (Cobo y Cuesta, 2018).

Es un contaminante ambiental generalizado que ocasiona molestias y es capaz de ser percibido como estresante (Stansfeld y Clark, 2019). Es una amenaza persistente producida por densas sociedades y altamente industrializadas, del mismo que no resulta fácil proteger al ser humano en áreas densamente pobladas (Doll, 2019).

### 2.2.7. Clasificación del ruido

En la tabla 4, se presenta la clasificación del ruido de acuerdo a sus niveles, duración y oscilación del nivel de presión sonora, y de acuerdo su origen:

**Tabla 4**

*Clasificación del ruido*

Tipo de clasificación	Clasificación
De acuerdo a sus niveles <sup>a</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muy bajo (entre 10 y 30 dB).</li> <li>- Bajo (entre 30 y 55 dB).</li> <li>- Ruidoso (a partir de 55 dB).</li> <li>- Fuerte (entre 75 y 100 dB).</li> <li>- Ruido intolerante (a partir de 100 dB).</li> </ul>
De acuerdo a su duración y oscilación de nivel de presión sonora <sup>b</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ruido continuo (estable): tipo de ruido donde el nivel difiere de forma lenta, por debajo de los 5 dB.</li> <li>- Ruido no continuo (fluctuante): tipo de ruido donde el nivel difiere por encima de los 5 dB de acuerdo al tiempo. Encontramos al ruido fluctuante periódico y aleatorio.</li> <li>- Ruido de impacto: en periodos de tiempos muy cortos, los niveles de ruido suelen variar de forma brusca.</li> </ul>
De acuerdo a su origen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ruido ambiental: se conoce como el “sonido exterior no deseado o nocivo” generado por todas las áreas de actividades humanas <sup>c</sup>.</li> <li>- Ruido laboral: polución sonora producido en un determinado sector de trabajo <sup>d</sup>.</li> </ul>

*Fuente:* Tomado y adaptado de <sup>a</sup> Amable *et al.* (2017), <sup>b</sup> Andreu (2012), <sup>c</sup> EPA (2023), <sup>d</sup> Aleaga (2017).

### 2.2.8. Fuentes de generación de ruido

De acuerdo al (Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía [OSMAN], 2009) las fuentes de ruido son el tráfico y transportes, las industrias, construcciones y servicios, y las actividades domésticas y de ocio:

#### a. Generación de ruido por tráfico y transporte

Representa a la fuente principal de contaminación de ruido, en este tipo de fuentes se encuentran el ruido generado por el tráfico aéreo, ferrocarriles y carreteras (OSMAN, 2009):

##### - Tráfico aéreo

De acuerdo a la directiva del parlamento europeo, se define al ruido del tráfico aéreo como aquel ruido generado por despegues y aterrizajes de aeronaves en áreas

circundantes de aeropuertos; es ante ello que, el ruido aéreo afecta a una menor cantidad de pobladores a diferencia del ruido rodado y ferroviario (EEA, 2020).

#### **- Tráfico ferroviario**

Los ferrocarriles de alta velocidad pueden implicar más ruido y vibraciones que reducen la calidad de vida, perturban el sueño y afectan negativamente a la salud, además de otros impactos sobre la vida silvestre y la naturaleza en general (Watson *et al.*, 2018).

#### **- Tráfico vehicular**

Se conoce al ruido vehicular como el resultado de la vibración del cuerpo del vehículo más el sonido que se genera al funcionar el motor (Nakashima *et al.*, 2018). Asimismo, se conoce al ruido vehicular como el sonido excesivamente alto y nocivo que producen los vehículos en un lugar determinado y se considera uno de los principales contaminantes acústicos. Además, la velocidad, proporción y flujo de vehículos son los principales factores que inciden en los niveles de ruido vehicular (Ramírez, 2011).

### **b. Ruido industrial**

El ruido industrial es un conjunto de sonidos de distinta intensidad y frecuencia que varían sin orden ni concierto, provocando una sensación indeseable entre los trabajadores y afectando negativamente a la salud humana. Este ruido se produce cuando las vibraciones mecánicas proceden de objetos sólidos, líquidos y medios gaseosos. Estas vibraciones mecánicas se transmiten al aire de la zona de trabajo y provocan un cambio en la intensidad del sonido en hercios (Ibrahim *et al.*, 2022).

### **c. Ruido de actividades domésticas y ocio**

En zonas residenciales, el ruido puede ser originado por diversos aparatos mecánicos (tráfico, sistemas de ventilación y bombas de calor), como también por música, voces y otro tipo de sonidos producidos por aspiradoras, vecinos y otros electrodomésticos, fiestas ruidosas, entre otros. El comportamiento social no respetuoso, representa a una fuente muy conocida en viviendas de tipo multifamiliares como en zonas de ocio (eventos de música y deportes). De acuerdo a los componentes de baja frecuencia principalmente, el ruido generado por sistemas de ventilación en edificios residenciales puede ser causante de considerables molestias inclusive a niveles moderados y bajos de ruido (OSMAN, 2009).

#### d. Ruido de construcción y servicios

Son aquellos sonidos generados por diferentes obras, la construcción y el establecimiento de servicios en las ciudades. Otros sonidos de industrias locales como la herrería, la carpintería y diversos dispositivos tecnológicos, como el sonido de radios de coches o fiestas, generadores de electricidad y refrigeración (Ibrahim *et al.*, 2022).

#### 2.2.9. Efectos de la contaminación acústica

La contaminación acústica del tráfico se ha convertido en un problema ambiental importante que afecta a los residentes urbanos (Yang *et al.*, 2020). Los efectos que se derivan de la polución sonora son diferentes, alterando la salud psicológica y fisiológica del ser humano, además del normal desarrollo de la actividad comunicativa (Castillo y Yalli, 2021).

Por su parte, EPA (2022a), refiere que la contaminación acústica afecta de forma negativa a la vida de millones de seres humanos, demostrándose a través de estudios que existe un vínculo directo entre la salud y el ruido, cuyos problemas que se derivan incluyen enfermedades relacionados a la pérdida de productividad, interrupción del sueño, pérdida de audición, interferencia en el habla, presión arterial alta y estrés.

En la tabla 5, se sintetizan algunos efectos auditivos y no auditivos de la contaminación acústica en la salud poblacional.

**Tabla 5**

*Efectos de la contaminación acústica en la salud humana*

	<b>Efectos</b>	<b>Descripción</b>
Efectos no auditivos	Sobre la salud humana	Podría permitir la aceleración de neurosis en estados de latencia.
	Sobre el comportamiento	Nerviosismo, irritabilidad, efectos sobre la eficiencia, fatiga, molestias.
	De interferencia en la comunicación	Dificultades para comprender los lenguajes.
	Fisiológicos	Alteraciones del metabolismo, alteración del sistema del equilibrio, función visual y aparato digestivo, incidencia sobre el tono muscular, modificación del sistema cardiovascular, estrés y sueño.
Efectos auditivos	Lesión del órgano de audición	Dificultad para escuchar por un par de horas luego de estar expuesto al ruido y pitidos y dolores en los oídos.
	Hipoacusia	Disminución del nivel auditivo del ser humano por debajo de lo normal.
	Trauma acústico	Lesiones del mecanismo auditivo en la zona interna del oído, generado por niveles de ruido excesivamente altos.

*Fuente:* Tomado de Municipalidad Metropolitana de Lima (MML, 2005).

### 2.2.10. Estándares de calidad ambiental para ruido (ECA-Ruido)

El Decreto Supremo N° 085-2003-PCM establece cuatro tipos de zonas de aplicación de los ECA para ruido, que son: zona industrial, comercial, residencial y de protección especial; cada uno de estos presenta diferentes estándares representados por valores expresados en  $L_{AeqT}$  para horario nocturno y diurno (Tabla 6).

**Tabla 6**

*Estándares de calidad ambiental para ruido*

Zonas de aplicación	Valores expresados en $L_{AeqT}$	
	Horario diurno (07:01 a 22:00)	Horario nocturno (22:01 a 07:00)
Zona de protección especial	50	40
Zona residencial	60	50
Zona comercial	70	60
Zona Industrial	80	70

*Fuente:* Tomado del Decreto Supremo N° 085-2003-PCM.



## **CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. Ámbito y condiciones de la investigación**

#### **3.1.1 Contexto de la investigación**

##### **a. Ubicación geográfica**

Geográficamente, las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT se ubican entre los paralelos 5,931° y 5,944° de latitud sur y meridianos de 77,313° y 77,306° de longitud oeste (ver Anexo N° 1).

##### **b. Ubicación política**

- Distrito : Nueva Cajamarca
- Provincia : Rioja
- Departamento : San Martín

#### **3.1.2 Periodo de ejecución**

La investigación se ejecutó de acuerdo a la resolución N° 247-2022-UNSM/CFT/FE, cuyo periodo es del 01-08-2022 al 30-03-2023.

#### **3.1.3 Control ambiental y protocolos de bioseguridad**

Para el desarrollo de la investigación se tomó en cuenta todos los protocolos de bioseguridad contra el Covid-19, con la finalidad de proteger la salud del personal investigador y de apoyo.

Asimismo, se tomaron en cuenta medidas de control ambiental usando bolsas plásticas en el recojo temporal de residuos sólidos, evitando así el arrojarse los residuos al ambiente y con esto no generar contaminación, finalmente las bolsas de residuos sólidos fueron depositadas en contenedores públicos para su posterior recojo por el compactador de residuos de la municipalidad.

#### **3.1.4 Aplicación de principios éticos internacionales**

Se practicaron los siguientes principios éticos: la integridad, el respeto al ecosistema las personas, la justicia y beneficencia; como también la transparencia y confiabilidad.

### 3.2. Sistema de variables

#### 3.2.1 Variables principales

- Variable independiente : Tránsito vehicular.
- Variable dependiente : Niveles de ruido y material particulado.

#### 3.2.2 Variables secundarias

- Variable interferente : Clima.

Se considera como variable interferente al factor climático, debido a que en los horarios y días con clima lluvioso no se realizó la toma de muestra, muestreos que fueron realizados posteriormente en otros horarios o días, siempre tomando en cuenta el clima.

**Tabla 7**

*Descripción de variables por objetivo específico*

Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Objetivo específico № 1: Cuantificar el tránsito vehicular en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca.			
Tránsito vehicular	- Cantidad de vehículos	Ficha de recolección de datos (cantidad de vehículos), hoja de procesamiento de datos, figuras, tablas, registro fotográfico	- veh/h - Tipo de vehículos
Objetivo específico № 2: Evaluar los niveles de ruido en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca.			
Niveles de ruido	- Niveles de ruido	Ficha de recolección de datos (niveles de ruido), hoja de procesamiento de datos, figuras, tablas, registro fotográfico	- Decibelio (dB)
Objetivo específico № 3: Evaluar los niveles de material particulado (PM2,5 y PM10) en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca.			
Niveles de material particulado	- Niveles de PM2,5 - Niveles de PM10	Ficha de recolección de datos, ficha de procesamiento de datos, figuras, tablas, registro fotográfico.	- $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Objetivo específico № 3: Analizar la incidencia del tránsito vehicular en los niveles de ruido y material particulado en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca.			
Incidencia del tránsito vehicular en los niveles de ruido y material particulado	- Incidencia del tránsito vehicular en los niveles de ruido - Influencia del tránsito vehicular en los niveles de material particulado	Prueba estadística (Correlación Rho de Spearman y prueba de significancia)	- Acepta $H_0$ : $p$ valor $> 0,05$ ; Rechaza $H_0$ : $p$ valor $< 0,05$ . - Rechaza $H_0$ : $t_c > 1,71$ ; Acepta $H_0$ : $t_c < 1,71$ .

### 3.3 Procedimientos de la investigación

#### Tipo de investigación:

La investigación ha sido de tipo “básica”, ya que caracterizó el tránsito vehicular, los niveles de ruido y el material particulado (PM10 y PM2,5). Tipo de investigación que según Sánchez y Reyes (2006), tiene como fin buscar conocimientos y campos nuevos de investigación sin un fin práctico inmediato y específico.

#### Nivel de investigación:

Corresponde al nivel correlacional dado a que se evaluará la relación entre la variable independiente y dependiente, es decir los niveles de ruido y material particulado (PM10 y PM2,5) influenciados por el tránsito vehicular. El fin de este nivel de investigación se sustenta en saber el grado de relación, influencia o asociación existente entre 2 o más variables, categorías o conceptos, dentro de una determinada muestra o un contexto particular (Sánchez y Reyes, 2006).

#### Población:

La población en la presente investigación está conformada por el total de cuadras comprendidas entre las avenidas Cajamarca Sur, Cajamarca Norte y la carretera Fernando Belaunde Terry, que suman un total de 33 cuadras (cada una aproximadamente de 100 m).

#### Muestra:

El muestreo fue probabilístico, que se sustenta en la equiprobabilidad, cuyo fin es buscar que la totalidad de sujetos de la población tengan las mismas probabilidades de ser seleccionados para formar parte de la muestra (Hernández y Carpio, 2019). Se dio uso la siguiente fórmula para poblaciones finitas (Bolaños, 2012):

$$n = \frac{Z^2 pqN}{E^2 (N - 1) + Z^2 pq}$$

Dónde:

n = Número de muestras

Z = Nivel de confiabilidad (95%) = 1,96

N = Población universal = 33

p = Probabilidad favorable = 0,5

q = Probabilidad desfavorable = 0,5

E = Error permisible (10%) = 0,10

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * 0,5 * 33}{0,10^2 (33 - 1) + 1,955^2 * 0,5 * 0,5} = 24,75 = 25 \text{ cuadras}$$

La muestra estuvo conformada por 25 cuadras, las cuales fueron distribuidas en toda el área de estudio (Tabla 8).

**Tabla 8**

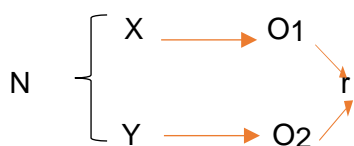
*Puntos de muestreo*

Puntos demuestreo	Longitud oeste	Latitud sur
1	-77,304131	-5,947577
2	-77,304907	-5,946091
3	-77,305433	-5,944622
4	-77,305566	-5,944662
5	-77,305725	-5,944712
6	-77,306345	-5,942741
7	-77,306490	-5,942798
8	-77,306625	-5,942860
9	-77,307315	-5,940815
10	-77,307446	-5,940847
11	-77,307575	-5,940907
12	-77,307802	-5,939805
13	-77,307938	-5,939853
14	-77,308094	-5,939915
15	-77,308873	-5,937882
16	-77,309730	-5,935950
17	-77,309818	-5,935976
18	-77,309979	-5,936043
19	-77,310564	-5,934188
20	-77,310689	-5,934217
21	-77,310848	-5,934279
22	-77,311377	-5,932663
23	-77,311479	-5,932698
24	-77,311627	-5,932754
25	-77,312427	-5,930980

**Diseño:**

a) Diseño experimental o muestral

El diseño de esta investigación es no experimental – transversal de tipo correlacional, el mismo que según Hernández *et al.* (2014) es representada por el siguiente diagrama:



Donde:

N: Muestra.

X: Variable independiente "Tránsito vehicular".

Y: Variable dependiente "Niveles de ruido y material particulado".

O1: Observación 1.

O2: Observación 2.

r: Relación entre variables.

b) Representación de la información

Para representar los resultados obtenidos se dio mediante de figuras y tablas, elaborados en el paquete estadístico SPSS Statistics y Excel.

c) Análisis estadístico

Para procesar y analizar los datos, se empleó la estadística descriptiva y la estadística inferencial con la prueba no paramétrica Rho de Spearman y de significancia al 95%, al determinar que el conjunto de datos no cumple el supuesto de normalidad, es decir, que no se distribuyen según la normal, por lo que amerita una prueba estadística no paramétrica. En ambos casos, se utilizó el paquete estadístico del programa SPSS Statistics y Excel.

### 3.3.1 Objetivo específico 1

Cuantificar el tránsito vehicular en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca.

#### a. Actividades y tareas

- Identificación de puntos de monitoreo de vehículos.
- Contabilización de vehículos en los puntos a monitorear.
- Procesamiento y análisis de datos.

#### b. Descripción de los procedimientos

##### Identificación de puntos de monitoreo de vehículos

- Usando los programas Google Earth y ArcGIS, se ubicaron los puntos de muestreo (Tabla 8) en función a la muestra estimada, los mismos que posteriormente fueron validados en campo haciendo uso de un GPS.

### **Contabilización de vehículos en los puntos a monitorear**

- Para la contabilización de vehículos se empleó como técnica la observación directa teniendo como instrumento una ficha de recolección de datos (ver Anexo 2).
- Se identificaron un total de 11 vehículos entre livianos y pesados como motokar, moto carguera, motocicleta, auto, camioneta, tráiler, bus, volquete, minivan, combi y canter.
- El periodo de muestreo fue de 4 meses y los días de muestreo fueron los sábados y domingos, llegando a obtener un total de 8 muestreos de número de vehículos por cada punto; es decir, se muestreaban 6 puntos por día y un cuarto día donde se monitoreaban 7 a fin de completar los 25 puntos de muestreo en 4 días de monitoreo (por ejemplo, sábado, domingo, sábado y domingo). Los horarios de medición en cada punto de muestreo se intercambiaban cada ocasión de monitoreo.
- Se consideraron los sábados y domingos para la medición de las variables, debido a que, en una previa visita a campo se evidenció un mayor flujo de vehículos durante estos dos días, lo cual permitió de esta manera un mejor estudio de las variables.
- El tiempo de medición en cada punto de muestreo fue por una hora y en lapsos de cada 10 minutos.
- El proceso de contabilización de los vehículos en los puntos de muestreo, consistió en ubicarse en puntos estratégicos (como vereda pública y sardinel) que no impidan el normal tránsito de los vehículos y peatones; asimismo, una excelente vista panorámica, lo cual favoreció a la evidencia y posterior registro de la cantidad de vehículos que circulan en cada punto monitoreado.

### **c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

En el procesamiento de datos se utilizó la estadística descriptiva empleando el paquete estadístico del programa Excel.

#### **3.3.2 Objetivo específico 2**

Evaluar los niveles de ruido en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca.

##### **a. Actividades y tareas**

- Identificación de puntos de monitoreo de niveles de ruido.
- Toma y registro de niveles de ruido.

- Comparación de niveles de ruido con los ECA-Ruido.
- Procesamiento y análisis de datos.

## **b. Descripción de los procedimientos**

### **Identificación de puntos de monitoreo de niveles de ruido**

- Los puntos de monitoreo de los niveles de ruido fueron los mismos considerados para la cuantificación del tránsito de vehículos, debido a que al momento de cuantificar el flujo vehicular también se medían los niveles de ruido.

### **Toma y registro de niveles de ruido**

- La técnica empleada en la toma o medición de niveles de ruido fue la observación directa y el muestreo puntual con el sonómetro y una ficha de recolección de datos como instrumento (ver Anexo 3).
- El periodo, tiempo y días de medición de los niveles de ruido ambiental fueron los mismos considerados en la cuantificación de vehículos; es decir, las mediciones se desarrollaron durante una hora y cada 10 minutos.
- Asimismo, para medir el nivel de ruido ambiental en cada punto de muestreo, se consideraron indicaciones básicas y pertinentes establecidas por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014), en el "Protocolo nacional de monitoreo de ruido ambiental", los cuales son los siguientes: (1) Calibración del equipo de medición (sonómetro); (2) Superficie reflectante como sistema de medición; (3) Uso de trípode para evitar incidencia del ruido generado por el muestreador y donde el micrófono fue puesto a una altitud no menor de 1,5 m; (4) Protección del micrófono del sonómetro con pantalla anti-viento y direccionamiento del sonómetro hacia la fuente sonora con ángulo de aproximadamente 45° tomando en cuenta la superficie horizontal; (5) Configuración del sonómetro en el dominio frecuencia en ponderación "A" y en el dominio de tiempo en Slow "S" o Fast "F".
- Una vez que se tomaron en cuenta las indicaciones mencionadas, se procedió a la medición del ruido ambiental y al posterior registro en la ficha de recolección de datos.

### **Comparación de niveles de ruido con los ECA-Ruido**

- Obtenidos los niveles de ruido, se procedió a la sistematización de datos en el programa Excel.

- Asimismo, se realizó una categorización de los puntos de muestreo tomando en cuenta las 4 zonas (zona de protección especial, residencial, comercial e industrial). Para esto la técnica empleada fue la observación directa.

- Finalmente, se realizó la comparación de promedios de los niveles de ruido obtenidos con los estándares de calidad para ruido para zona residencial y comercial en horario diurno (Tabla 6), establecidos en el “Decreto Supremo N° 085-2003-PCM”.

### **c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

En el procesamiento de datos se utilizó la estadística descriptiva empleando el paquete estadístico del programa Excel.

#### **3.3.3 Objetivo específico 3**

Evaluar los niveles de material particulado (PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>) en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca.

##### **a. Actividades y tareas**

- Identificación de puntos de monitoreo de material particulado.
- Toma y registro de niveles de material particulado.
- Comparación de material particulado con los ECA-Aire.
- Procesamiento y análisis de datos.

##### **b. Descripción de los procedimientos**

###### **Identificación de puntos de monitoreo de material particulado**

- Los puntos de monitoreo de material particulado fueron los mismos considerados para el conteo del tránsito de vehículos y para la medición de ruido ambiental, debido a que al momento de cuantificar el flujo vehicular y medir el ruido, también se medía el material particulado.

###### **Toma y registro de niveles de material particulado**

- De igual forma la técnica empleada en la toma o medición de niveles material particulado fue la observación directa y el muestreo puntual con una ficha de recolección de datos como instrumento (ver Anexo 3).

- Asimismo, como instrumento se utilizó un detector de aire multifuncional de modelo AX-8016, calibrado desde tienda y que permitió medir el PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>. Para ello, se tomó en cuenta consideraciones establecidas en el Decreto Supremo 010-2019-MINAM



“Protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire” para sistemas de medición de calidad de aire automáticos.

- El periodo, tiempo y días de medición de los niveles de material particulado fueron los mismos considerados en la cuantificación de vehículos y medición de ruido ambiental; es decir, las mediciones se desarrollaron durante una hora y cada 10 minutos.
- Asimismo, para medir el material particulado (PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>) el instrumento manual, fue ubicado a una altura promedio de 1,5 m, en dirección de 45° hacia la fuente de emisión; es decir, con dirección hacia el tránsito de vehículos.
- Una vez que se tomaron en cuenta las indicaciones mencionadas, se pasó a medir el material particulado y su correspondiente registro en la ficha de recolección de datos.

### **Comparación de material particulado con los ECA-Aire**

- Obtenidos los niveles de material particulado, se procedió a la sistematización de los datos en el programa Excel.
- Las concentraciones de material particulado PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub> obtenidos del instrumento de medición fueron equivalentes a una hora, por lo cual los niveles registrados tuvieron que multiplicarse por 24 horas a fin de poder hacer la comparativa con los estándares de calidad ambiental para aire (ECA-Aire).
- Se realizó la comparación de los niveles promedios de material particulado obtenidos con los ECA-Aire para el periodo de 24 horas (Tabla 3), establecidos en el “Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM”.

### **c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

En el procesamiento de datos se utilizó la estadística descriptiva empleando el paquete estadístico del programa Excel.

#### **3.3.4 Objetivo específico 4**

Analizar la incidencia del tránsito vehicular en los niveles de ruido ambiental y material particulado en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca.

#### **a. Actividades y tareas**

- Sistematización de datos.
- Determinación de la mejor prueba estadística para el conjunto de datos.

- Aplicación del estadístico Rho de Spearman.
- Aplicación de la prueba de significancia.
- Procesamiento y análisis de datos.

## **b. Descripción de los procedimientos**

### **Sistematización de datos**

- En el programa Excel y SPSS Statistics se realizó la sistematización del conjunto de datos promedios de acuerdo a cada una de las variables estudiadas, a fin de desarrollo de las posteriores actividades posteriores.

### **Determinación de la mejor prueba estadística para el conjunto de datos**

- A través del programa estadístico SPSS Statistics, se analizó la mejor prueba estadística para el conjunto de datos obtenidos, para ello se realizó la prueba de normalidad (Tabla 9).
- Al contar con una muestra menor a 50 datos para cada uno de las variables se procedió a evaluar la prueba de Shapiro Wilk, mediante el cual todas las variables obtuvieron un nivel de significancia  $< 0,05$ , lo que permitió deducir que no existió normalidad; en otras palabras, el conjunto de datos de tránsito vehicular, ruido ambiental y material particulado (PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>) no se distribuyeron según lo normal, ante ello, ameritó aplicar la prueba estadística no paramétrica de Rho de Spearman.

**Tabla 9**

*Prueba de normalidad para el conjunto de datos de las variables*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Ruido ambiental (dB (A))	,918	25	,045
µg PM <sub>2,5</sub> /m <sup>3</sup>	,773	25	,000
µg PM <sub>10</sub> /m <sup>3</sup>	,759	25	,000
Tránsito vehicular	,872	25	,005

### **Aplicación del estadístico Rho de Spearman**

- En el programa estadístico SPSS Statistics se realizó la prueba estadística de Rho de Spearman de manera automática, la misma que permitió obtener los diferentes resultados mostrados en la Tabla 11, 12 y 13.
- Con la prueba estadística Rho de Spearman se evaluaron las siguientes hipótesis:

Primera hipótesis:

H<sub>1</sub>: Existe relación entre el tránsito vehicular y el ruido ambiental en las avenidas Cajamarca Sur, Cajamarca Norte y FBT, Nueva Cajamarca.

H<sub>0</sub>: No existe relación entre el tránsito vehicular y el ruido ambiental en las avenidas Cajamarca Sur, Cajamarca Norte y FBT, Nueva Cajamarca.

Segunda hipótesis:

H<sub>1</sub>: Existe relación entre el tránsito vehicular y el material particulado (PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>) en las avenidas Cajamarca Sur, Cajamarca Norte y FBT, Nueva Cajamarca.

H<sub>0</sub>: No existe relación entre el tránsito vehicular y el material particulado (PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>) en las avenidas Cajamarca Sur, Cajamarca Norte y FBT, Nueva Cajamarca.

- En ambos casos la decisión estadística se sustentó en:

Rechazar H<sub>0</sub> cuando p-valor < 0,05 y aceptar H<sub>0</sub> cuando p-valor > 0,05.

### **Aplicación de la prueba de significancia**

- Se calculó la prueba de significancia haciendo uso de la siguiente formula:

$$t_c = r \sqrt{\frac{N-2}{1-r^2}}, \text{ con } n - 2 \text{ grados de libertad.}$$

Donde: "r" representa al coeficiente de correlación calculado y "N" a la muestra de datos obtenidos para cada una de las variables.

- La t tabulada se obtuvo con 23 grados de libertad y tomando en cuenta la tabla t-student, la misma que para todos los casos fue 1,71.

- Con la prueba de significancia se evaluaron las siguientes hipótesis:

Primera hipótesis:

H<sub>1</sub>: A mayor tránsito vehicular entonces mayor incidencia en ruido ambiental en las avenidas Cajamarca Sur, Cajamarca Norte y FBT, Nueva Cajamarca.

H<sub>0</sub>: A mayor tránsito vehicular entonces menor incidencia en ruido ambiental en las avenidas Cajamarca Sur, Cajamarca Norte y FBT, Nueva Cajamarca.

Segunda hipótesis:

H<sub>1</sub>: A mayor tránsito vehicular entonces mayor incidencia en material particulado PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub> en las avenidas Cajamarca Sur, Cajamarca Norte y FBT, Nueva Cajamarca.

$H_0$ : A mayor tránsito vehicular entonces menor incidencia en material particulado PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub> en las avenidas Cajamarca Sur, Cajamarca Norte y FBT, Nueva Cajamarca.

- En ambos casos la decisión estadística se sustentó en:

Rechazar  $H_0$  cuando  $t$  calculado  $> 1,71$  y aceptar  $H_0$  cuando  $t$  calculado  $< 1,71$ .

### **c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

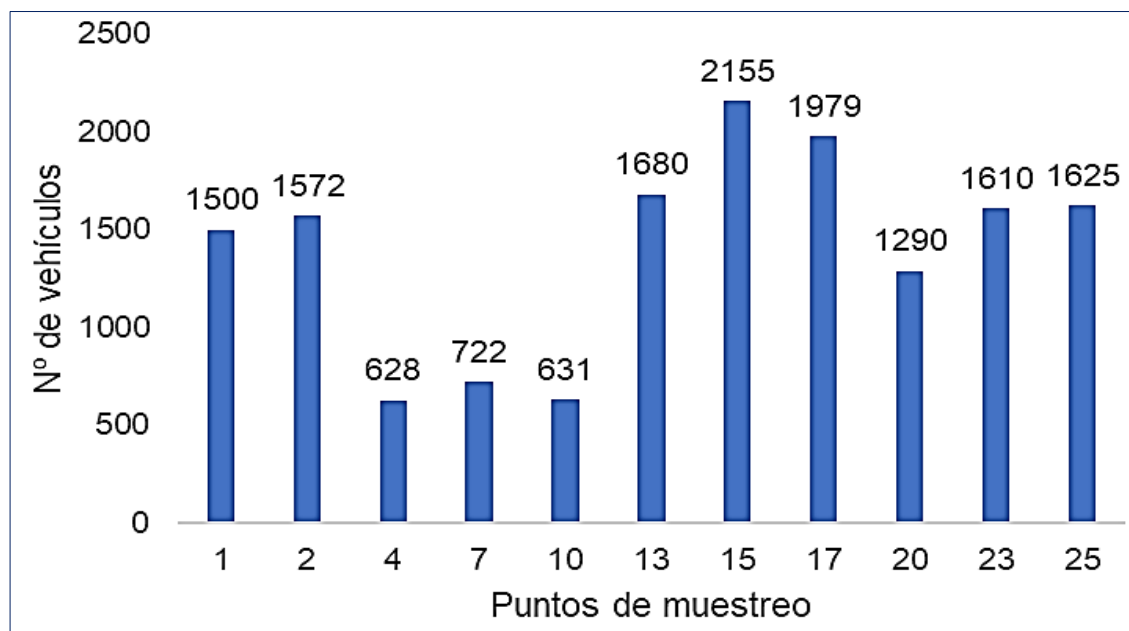
Para el procesamiento de los datos se usó la estadística descriptiva e inferencial (Rho de Spearman y prueba de significancia al 95%) mediante el software SPSS Statistics y Excel.

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Cuantificar el tránsito vehicular en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca

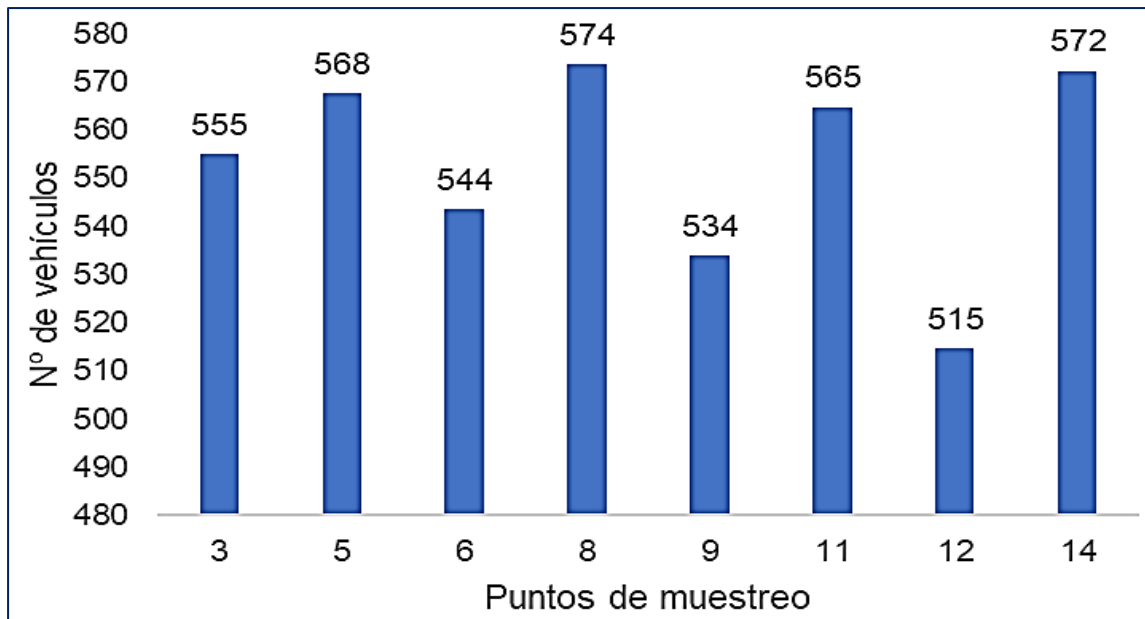
Del conjunto de datos obtenidos en base a los 8 muestreos, se determinó que, entre las tres principales avenidas estudiadas, en la avenida Fernando Belaunde Terry (FBT) circula en promedio la mayor cantidad de vehículos (2 155 veh/h) (Figura 3) y la menor cantidad promedio de vehículos (51 veh/h) circula en la avenida Cajamarca Norte (Figura 5).

Asimismo, se comprobó que en los 11 puntos muestreados de la avenida Fernando Belaunde Terry (FBT) el flujo vehicular promedio se encuentra entre 628 y 2 155 veh/h (Figura 3); en tanto, en la avenida Cajamarca Sur el tránsito vehicular promedio oscila entre 574 y 515 veh./h (Figura 4); finalmente, en la avenida Cajamarca Norte el flujo vehicular promedio oscila entre 249 y 51 veh./h (Figura 5); estos resultados ponen en evidencia que entre las tres avenidas principales de Nueva Cajamarca existe mayor flujo de vehículos en la avenida FBT.



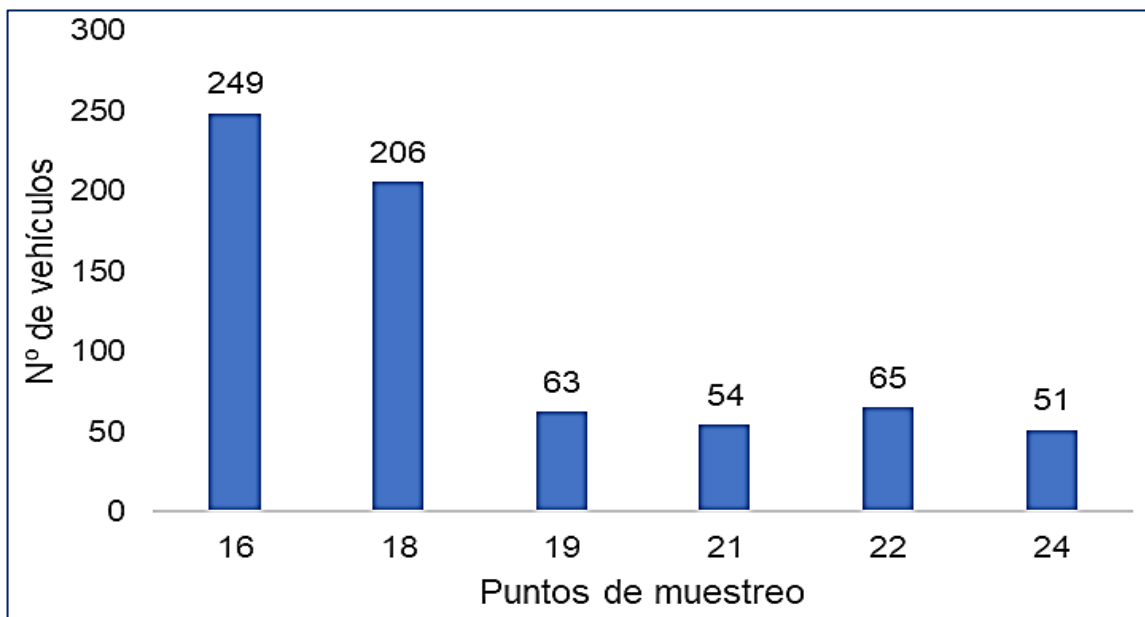
**Figura 3**

*Cantidad promedio de vehículos en la avenida FBT.*



**Figura 4**

*Cantidad promedio de vehículos en la avenida Cajamarca Sur.*



**Figura 5**

*Cantidad promedio de vehículos en la avenida Cajamarca Norte.*

De acuerdo a los 11 puntos muestreado de la avenida FBT, la mayor cantidad promedio de vehículos que circulan son los motocares con flujo promedio de 557 veh/h y cantidades que oscilan entre 242 y 1 067 veh/h, seguido de las motocicletas con promedio de 461 veh/h y cantidades entre 246 y 735 veh/h; en tanto, los tipos de vehículos que en menor cantidad circulan son los buses con promedio de 5 veh/h y cantidades entre 4 y 6 veh/h; asimismo, en esta avenida es posible ver la circulación de todos los tipos de vehículos estudiados (Tabla 10).

De acuerdo a los 8 puntos muestreados en la avenida Cajamarca Sur, la mayor cantidad promedio de vehículos que circulan son los motokares con flujo promedio de 243 veh/h y cantidades que oscilan entre 222 y 270 veh/h, seguido de las motocicletas con promedio de 236 veh/h y cantidades entre 230 y 252 veh/h; en tanto, no se registró la circulación de vehículos mayores como canter, bus, tráiler y volquete (Tabla 10), debido a que este tipo de vehículos suelen pasar solamente por la avenida FBT.

De acuerdo a los 6 puntos muestreados en la avenida Cajamarca Norte, la mayor cantidad promedio de vehículos que circulan son los motokares con flujo promedio de 53 veh/h y cantidades que oscilan entre 21 y 118 veh/h, seguido de las motocicletas con promedio de 43 veh/h y cantidades entre 13 y 102 veh/h; en tanto, no se registró la circulación de vehículos mayores como bus, tráiler y volquete (Tabla 10), debido a las características de las calles de la avenida y donde los vehículos mayores suelen circular solamente por la avenida FBT.

En las avenidas FBT, Cajamarca Sur y Cajamarca Norte, el tipo de vehículo que más circula por cada uno de los puntos de muestreo son los motokares y las motocicletas, es decir, los vehículos menores; en tanto, los tipos de vehículos que circulan en menor cantidad son los vehículos mayores como buses, tráilers y volquetes, los cuales principalmente hacen recorren la avenida FBT, debido a las características de las calles de las avenidas Cajamarca Sur y Cajamarca Norte (Tabla 10).

**Tabla 10***Flujo vehicular promedio según tipo de vehículos*

Punto de muestreo	Motokar	Moto carguera	Motocicleta	Auto	Camioneta	Tráiler	Bus	Volquete	Minivan	Combi	Canter
1*	513	17	438	303	105	24	4	33	16	20	25
2*	537	20	453	322	106	26	5	37	17	22	27
3**	245	10	252	26	11	0	0	0	6	5	0
4*	256	7	248	32	29	13	4	5	4	4	26
5**	238	22	241	36	22	0	0	0	5	4	0
6**	245	2	233	32	24	0	0	0	4	4	0
7*	260	7	274	67	52	17	5	5	7	2	28
8**	233	19	232	37	24	0	0	0	11	17	0
9**	233	21	230	24	15	0	0	0	8	3	0
10*	242	11	246	45	28	14	5	7	11	5	18
11**	258	10	233	20	17	0	0	0	10	17	0
12**	222	10	231	32	15	0	0	0	5	0	0
13*	738	45	534	177	65	23	5	17	21	19	37
14**	270	12	239	27	15	0	0	0	7	2	0
15*	1067	57	657	177	67	22	6	17	20	21	46
16***	118	16	102	7	3	0	0	0	2	0	0
17*	878	43	735	167	49	18	6	14	14	19	38
18***	105	10	83	4	3	0	0	0	2	0	0
19***	26	5	20	3	1	0	0	0	3	0	6
20*	542	14	535	63	43	19	6	13	18	16	22
21***	24	3	13	5	6	0	0	0	2	0	0
22***	25	2	21	4	4	0	0	0	2	5	3
23*	548	18	486	313	122	20	6	36	12	23	26
24***	21	4	18	4	1	0	0	0	2	1	1
25*	554	17	466	302	126	26	6	23	41	37	28

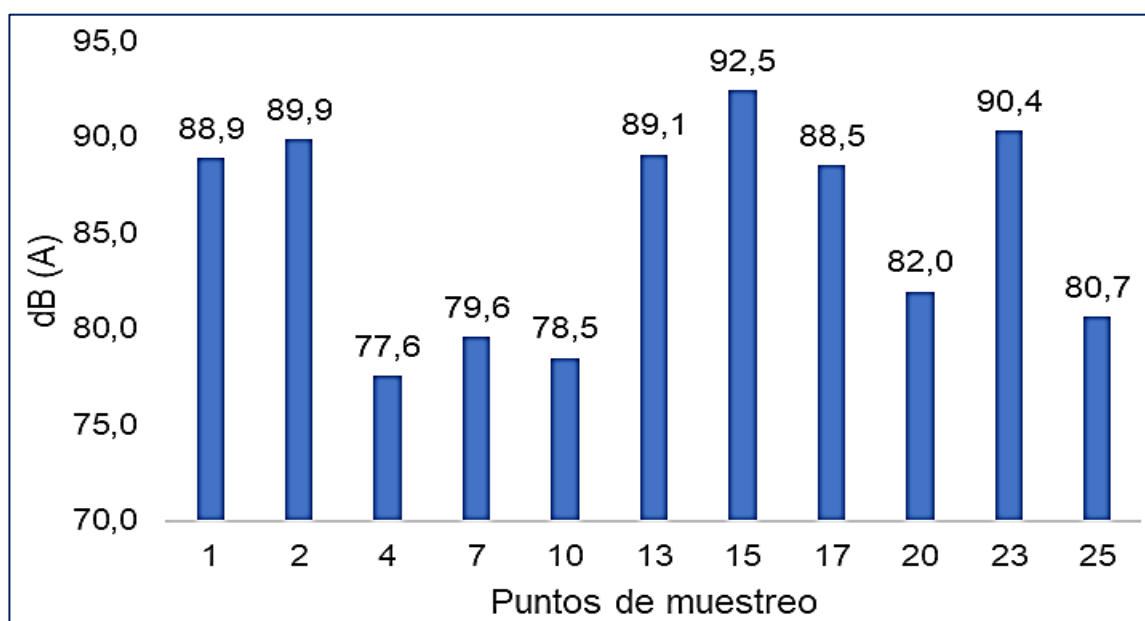
Nota: \*Avenida Fernando Belaunde Terry (FBT), \*\*Avenida Cajamarca Sur, \*\*\*Avenida Cajamarca Norte.



#### 4.2 Evaluar los niveles de ruido en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca

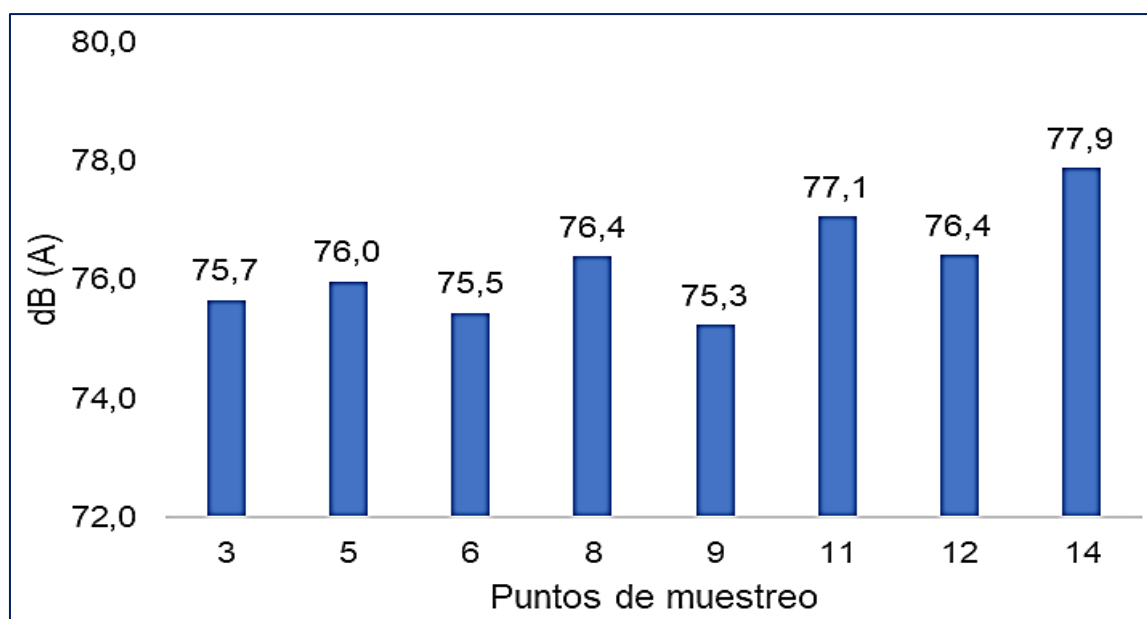
De acuerdo a los 8 muestreos realizados en los 25 puntos de muestreo, se determinó que, entre las tres principales avenidas estudiadas, en la Fernando Belaunde Terry (FBT) se registró el mayor nivel promedio de ruido (92,5 dB (A)) (Figura 6) y el menor nivel promedio de ruido registrado (60,9 dB (A)) fue en la avenida Cajamarca Norte (Figura 8).

Se registró en los 11 puntos de muestreo de la avenida FBT los mayores niveles promedio de ruido que oscilan entre 77,6 y 92,5 dB (A) (Figura 6), seguido de los niveles de ruido registrados en 8 puntos de la avenida Cajamarca Sur, cuyos valores varían entre 75,3 y 77,9 dB (A) (Figura 7); en tanto, los menores niveles de ruido fueron registrados en la avenida Cajamarca Norte con valores que fluctúan entre 60,9 y 66,7 dB (A) (Figura 8); estos resultados ponen en evidencia que entre las tres avenidas principales de Nueva Cajamarca los más altos niveles de ruido se registran en la avenida FBT.



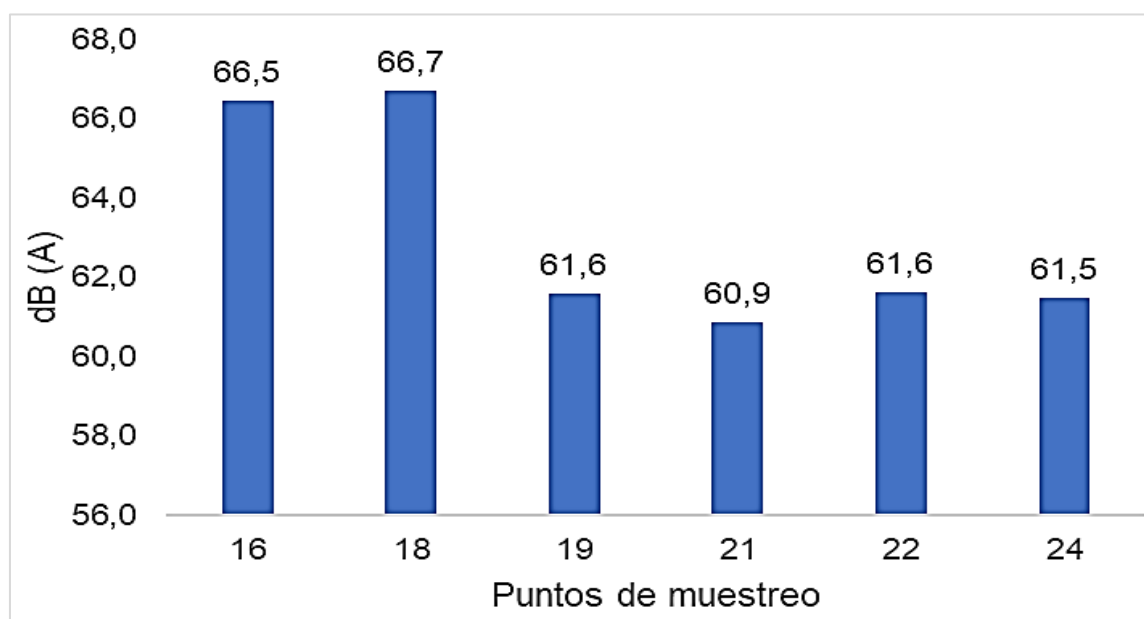
**Figura 6**

*Niveles promedios de ruido en la avenida FBT.*



**Figura 7**

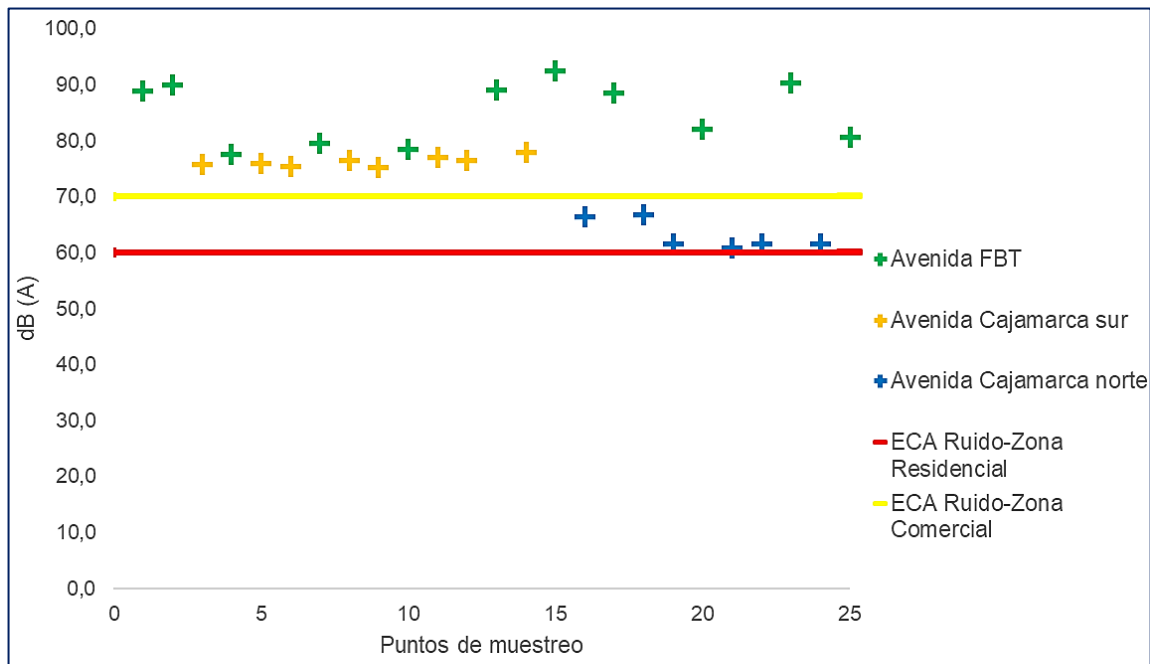
*Niveles promedios de ruido en la avenida Cajamarca Sur.*



**Figura 8**

*Niveles promedios de ruido en la avenida Cajamarca Norte.*

Al encontrarse todos los puntos de muestreo de las tres avenidas en zona residencial y comercial, se determinó que los niveles de ruido generados en la avenida Fernando Belaunde Terry (FBT) y Cajamarca Sur exceden el estándar de nivel de ruido (horario diurno) para la zona residencial (60 dB (A)) y comercial (70 dB (A)) establecidos en el "Decreto Supremo N° 085-2003-PCM"; en tanto, los niveles de ruido que se generan en la avenida Cajamarca Norte solo exceden el valor estándar establecido para la zona residencial (Figura 9).



**Figura 9**

*Comparación de niveles promedio de ruido con ECA para ruido, zona residencial y comercial.*

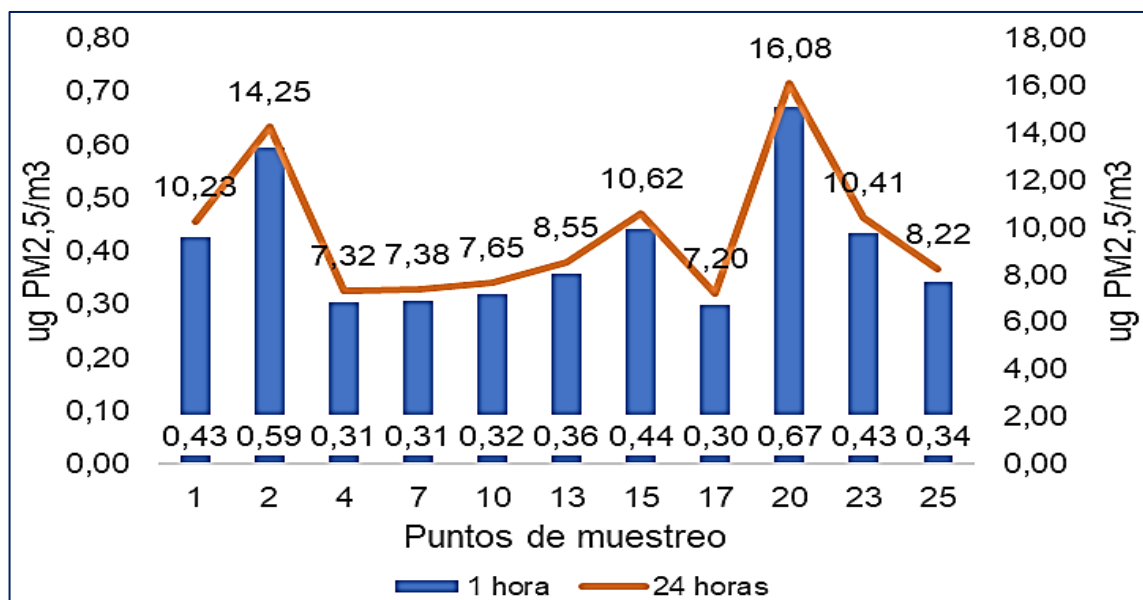
### 4.3 Evaluar los niveles de material particulado (PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>) en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca

#### 4.3.1 Niveles de material particulado PM<sub>2,5</sub> en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca

En función a la totalidad de muestreos realizados en cada punto de muestreo considerados, se determinó que, entre las tres principales avenidas estudiadas, en la Fernando Belaunde Terry (FBT) se registró la mayor cantidad promedio de PM<sub>2,5</sub> por hora ( $0,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), el mismo que permitió estimar la mayor cantidad de PM<sub>2,5</sub> en 24 horas ( $16,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (Figura 10); en tanto, la menor cantidad promedio de PM<sub>2,5</sub> registrado por hora ( $0,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y estimado en 24 horas ( $5,46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) fue en la avenida Cajamarca Norte (Figura 12).

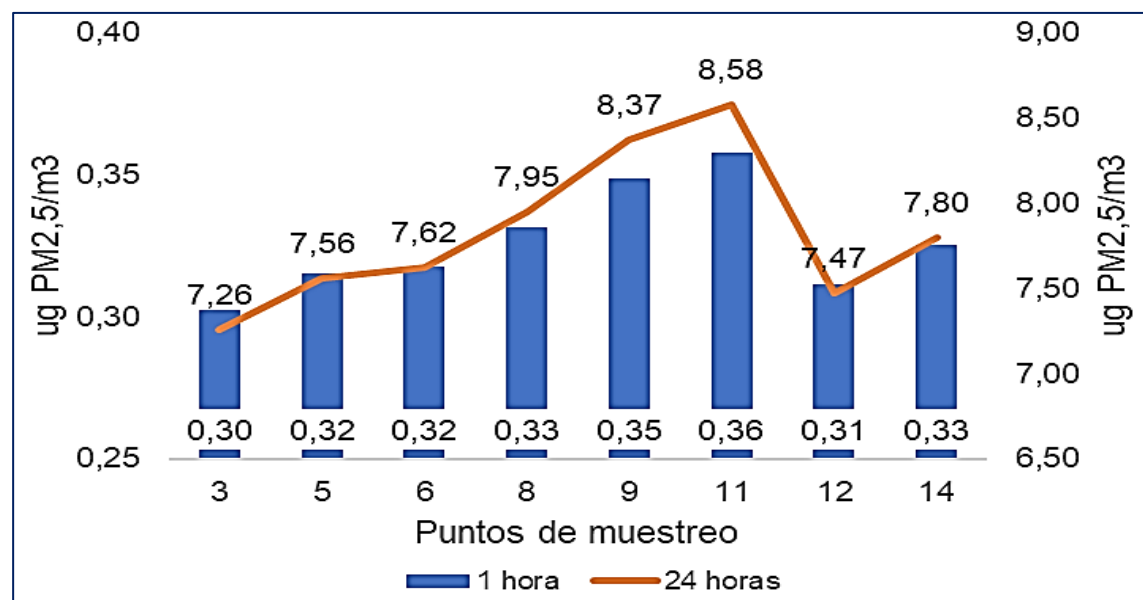
En los 11 puntos de muestreo de la avenida Fernando Belaunde Terry (FBT) se registraron y estimaron las mayores cantidades de PM<sub>2,5</sub> por hora y por día que oscilan entre  $0,30$  y  $0,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y entre  $7,20$  y  $16,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente (Figura 10), seguido de los 8 puntos de muestreo de la avenida Cajamarca Sur, donde las cantidades promedios de PM<sub>2,5</sub> registrados por hora varían entre  $0,30$  y  $0,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y estimados por día oscilan entre  $7,26$  y  $8,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Figura 11); en tanto, las menores cantidades

promedios por hora y día fueron registrados en la avenida Cajamarca Norte con valores que fluctúan entre 0,23 y 0,41  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y entre 5,46 y 9,87  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente (Figura 12).



**Figura 10**

*Niveles promedio de PM<sub>2,5</sub> en la avenida FBT.*

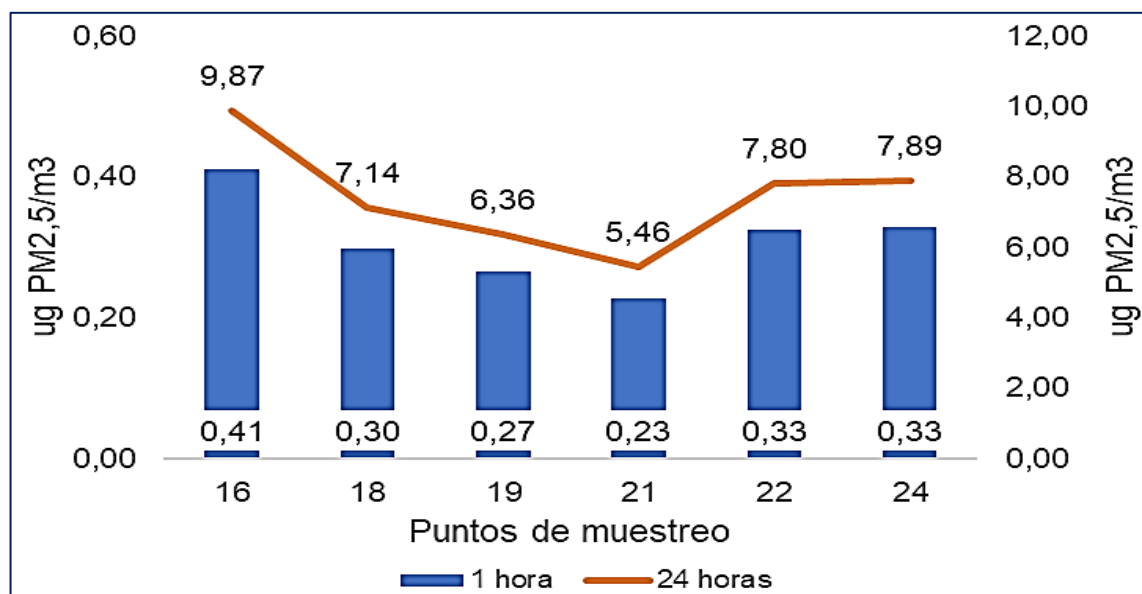


**Figura 11**

*Niveles promedio de PM<sub>2,5</sub> en la avenida Cajamarca Sur.*

Asimismo, el valor promedio de PM<sub>2,5</sub> en la avenida FBT (0,41  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por hora y 9,81  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por 24 horas), Cajamarca Sur (0,33  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por hora y 7,83  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por 24 horas) y Cajamarca Norte (0,31  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por hora y 7,42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por 24 horas) en base a los 11, 8 y 6

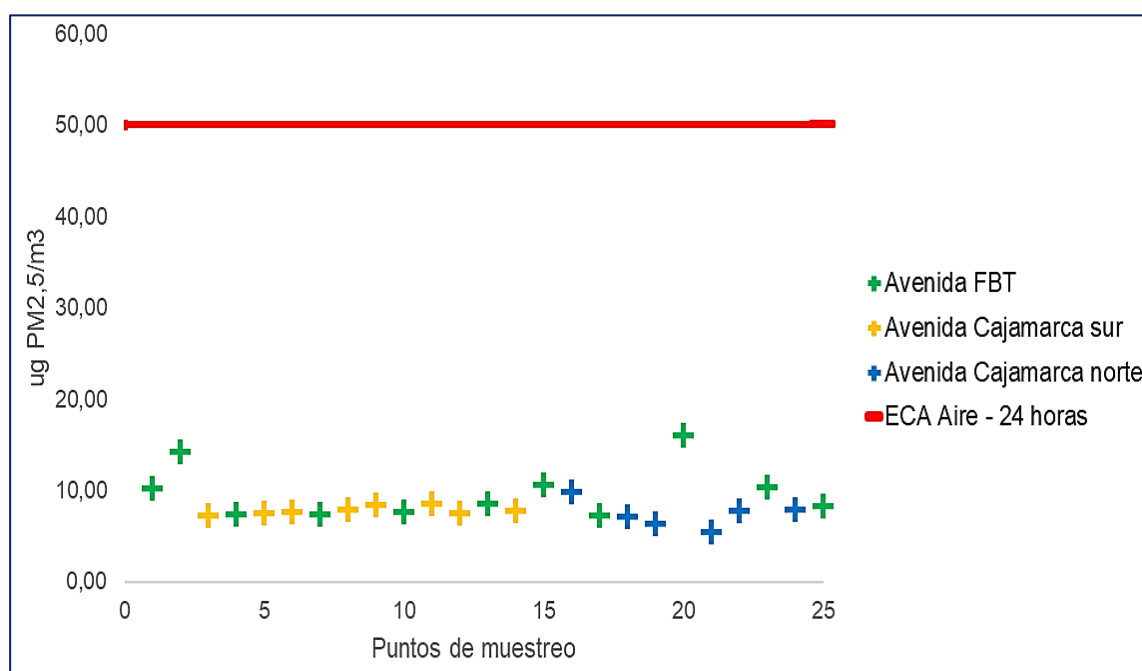
puntos de muestreo, respaldan la evidencia que entre las tres avenidas principales de Nueva Cajamarca las mayores cantidades de PM<sub>2,5</sub> se registran en la avenida FBT, cuya característica principal del tipo de vía es que es de capa asfáltica.



**Figura 12**

*Niveles promedios de PM<sub>2,5</sub> en la avenida Cajamarca Norte.*

Los niveles promedios de PM<sub>2,5</sub> estimados para un día en todos los puntos de las tres avenidas estudiadas, no exceden el estándar respectivo para PM<sub>2,5</sub> en 24 horas (50,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) establecido en el "Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM" (Figura 13).



**Figura 13**

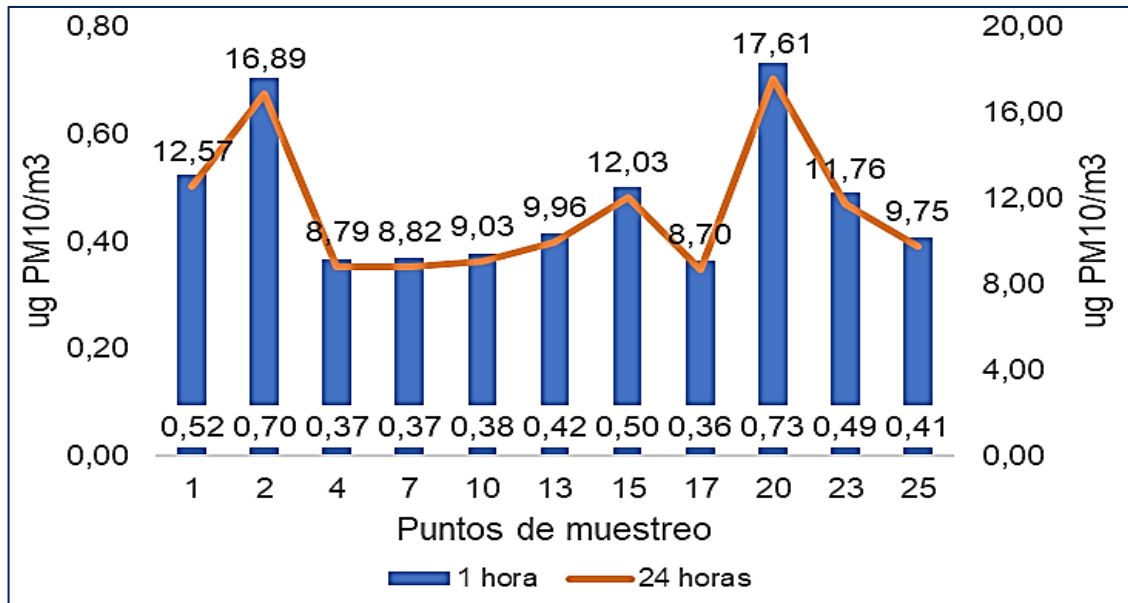
*Comparación de niveles promedios de PM<sub>2,5</sub> con ECA para aire, 24 horas.*

#### **4.3.2 Niveles de material particulado PM10 en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca**

De acuerdo al total de muestreos realizados en cada uno de los puntos de muestreo considerados, se determinó que, entre las tres principales avenidas estudiadas, en la Fernando Belaunde Terry (FBT) se registró la mayor cantidad promedio de PM10 por hora ( $0,73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), el mismo que permitió estimar la mayor cantidad de PM10 en 24 horas ( $17,61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (Figura 14); en tanto, la menor cantidad promedio de PM10 registrado por hora ( $0,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y estimado en 24 horas ( $6,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) fue en la avenida Cajamarca Norte (Figura 16).

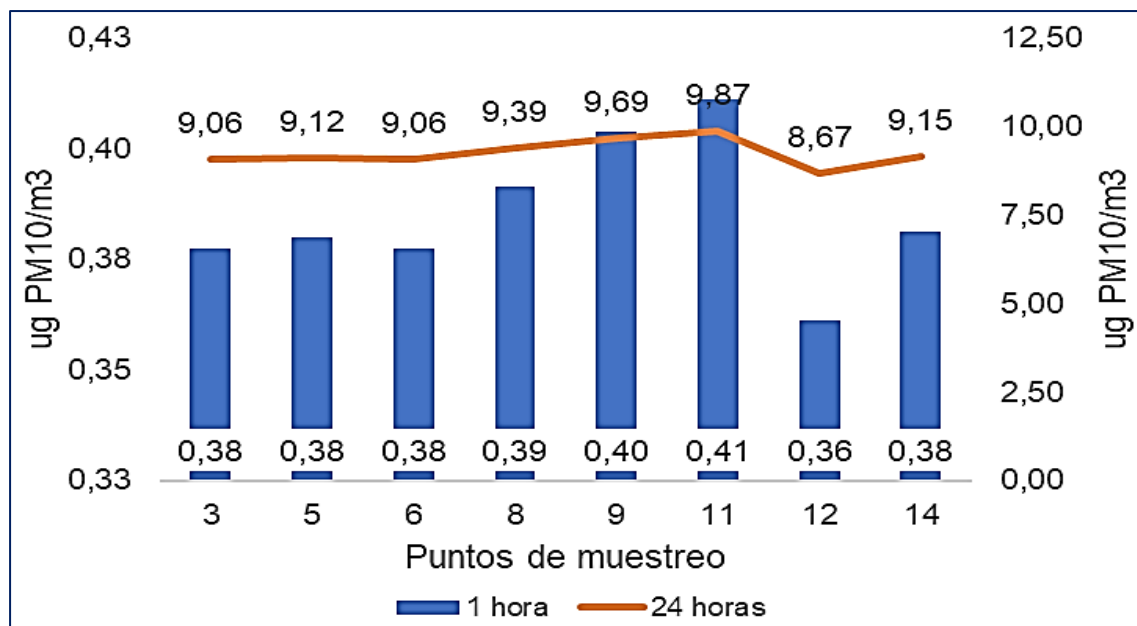
En los 11 puntos de muestreo de la avenida Fernando Belaunde Terry (FBT) se registraron y estimaron las mayores cantidades de PM10 por hora y por día que oscilan entre  $0,36$  y  $0,73 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y entre  $8,70$  y  $17,61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente (Figura 14), seguido de los 8 puntos de muestreo de la avenida Cajamarca Sur, donde las cantidades promedios de PM10 registrados por hora varían entre  $0,36$  y  $0,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y estimados por día oscilan entre  $8,67$  y  $9,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Figura 15); en tanto, las menores cantidades promedios por hora y día fueron registrados en la avenida Cajamarca Norte con valores que fluctúan entre  $0,28$  y  $0,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y entre  $6,75$  y  $11,46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente (Figura 16).

Asimismo, el valor promedio de PM10 en la avenida FBT ( $0,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$  por hora y  $11,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  por 24 horas), Cajamarca Sur ( $0,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$  por hora y  $9,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  por 24 horas) y Cajamarca Norte ( $0,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$  por hora y  $8,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  por 24 horas) en base a los 11, 8 y 6 puntos de muestreo, respaldan también la evidencia que entre las tres avenidas principales de Nueva Cajamarca las mayores cantidades de PM10 se registran en la avenida FBT, cuya característica principal del tipo de vía es que es de capa asfáltica.



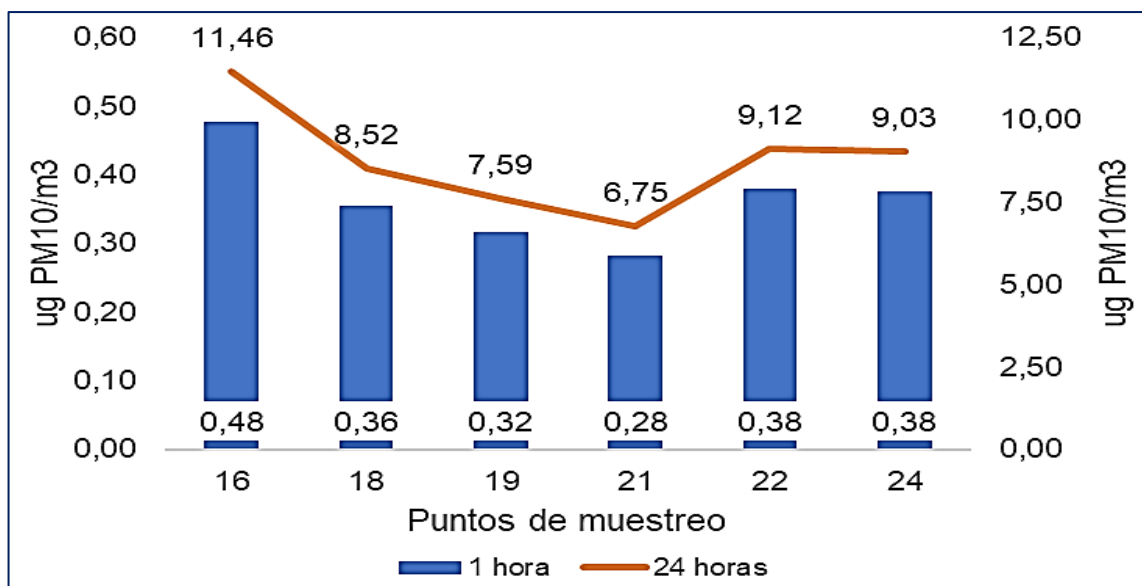
**Figura 14**

*Niveles promedios de PM10 en la avenida FBT.*



**Figura 15**

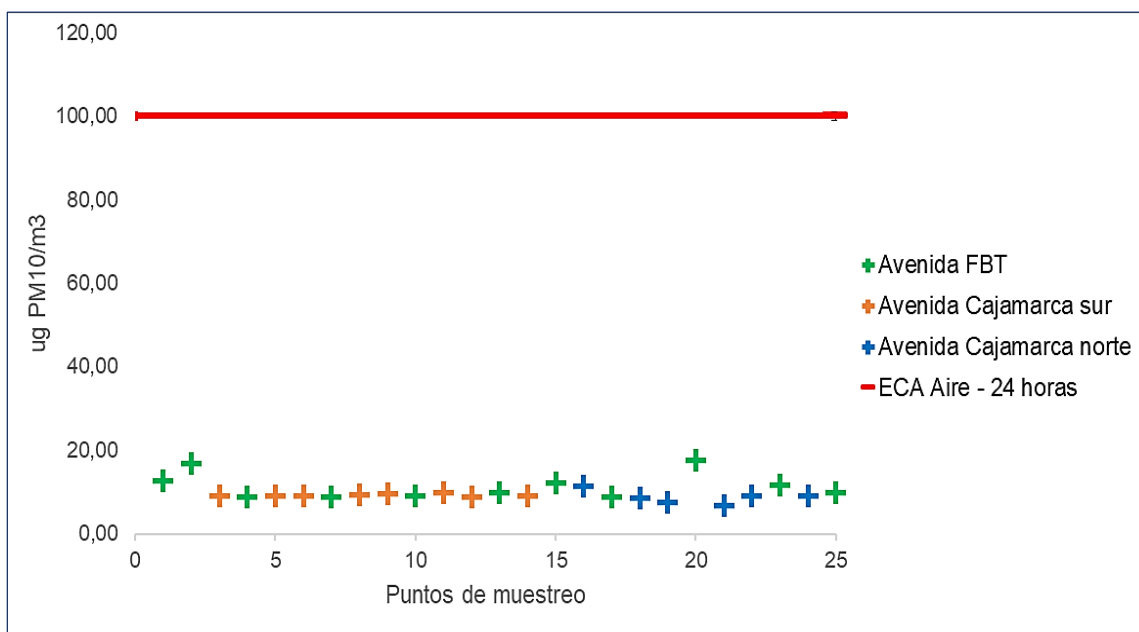
*Niveles promedios de PM10 en la avenida Cajamarca Sur.*



**Figura 16**

*Niveles promedio de PM10 en la avenida Cajamarca Norte.*

Los niveles promedio de PM10 estimados para un día en todos los puntos de las tres avenidas estudiadas, no exceden el estándar respectivo para PM10 en 24 horas (100,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) establecido en el “Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM” (Figura 17).



**Figura 17**

*Comparación de niveles promedio de PM10 con ECA para aire, 24 horas.*



#### 4.4 Analizar la incidencia del tránsito vehicular en los niveles de ruido ambiental y material particulado en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca

##### 4.4.1 Incidencia del tránsito vehicular en los niveles de ruido ambiental en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca

Al 99% de confianza y con un p-valor estimado de 0,000 ( $< 0,01$ ), se rechaza  $H_0$  y se deduce que existe relación estadísticamente significativa entre el tránsito vehicular y los niveles de ruido ambiental en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca; además, el coeficiente de correlación de Spearman (0,960) indica que, entre el tránsito vehicular y los niveles de ruido existe una correlación positiva muy alta (Tabla 11).

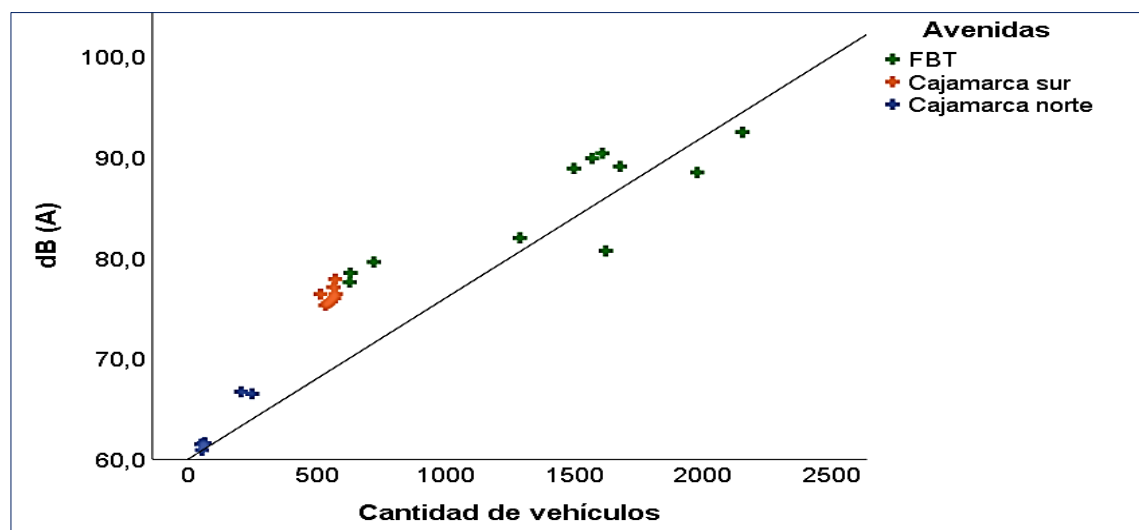
**Tabla 11**

*Correlación Rho de Spearman entre el tránsito vehicular y los niveles de ruido ambiental*

		Tránsito vehicular	Niveles de ruido ambiental (dB (A))
Tránsito vehicular	Coeficiente de correlación	1,000	,960**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	25	25
Niveles de ruido ambiental (dB (A))	Coeficiente de correlación	,960**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	25	25

Nota. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

La Figura 18 pone en evidencia la relación directamente proporcional que existe entre el tránsito vehicular (cantidad de vehículos) y el ruido ambiental (dB (A)), y la recta de la pendiente positiva nos permite indicar que, a mayor tránsito vehicular, mayor serán los niveles de ruido ambiental en las tres avenidas estudiadas.



**Figura 18**

*Correlación lineal entre el tránsito vehicular y ruido ambiental.*

### Prueba de significancia

$H_1$ : A mayor tránsito vehicular entonces mayor incidencia en ruido ambiental en las avenidas Cajamarca Sur, Cajamarca Norte y FBT, Nueva Cajamarca.

$H_0$ : A mayor tránsito vehicular entonces menor incidencia en ruido ambiental en las avenidas Cajamarca Sur, Cajamarca Norte y FBT, Nueva Cajamarca.

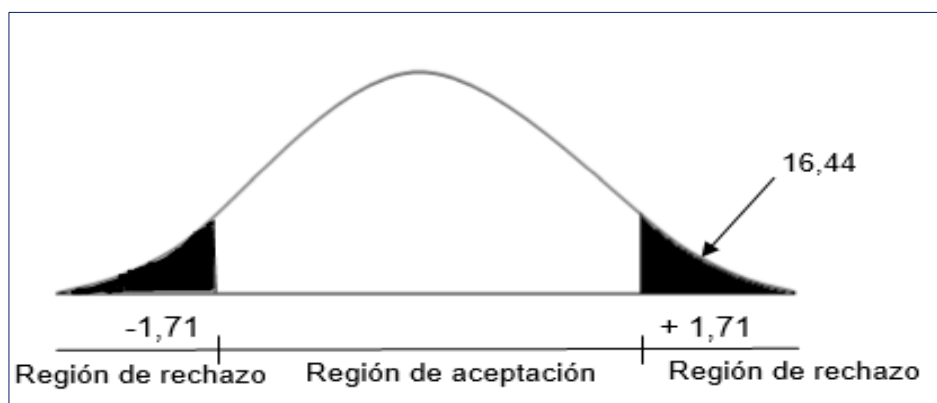
#### a. Cálculo del estadístico de prueba

$t_t = 1,71$  al 0,05 de significancia con  $n - 2$  grados de libertad.

$$t_c = 0,960 \sqrt{\frac{25 - 2}{1 - 0,960^2}} = 16,44$$

#### b. Decisión estadística

Al encontrar un  $t$  calculado (16,44) mayor que la  $t$  tabulado (1,71) se rechaza  $H_0$  (Figura 19) y se acepta la hipótesis de investigación ( $H_1$ ), lo que indica que a mayor tránsito vehicular entonces mayor incidencia en ruido ambiental en las avenidas Cajamarca Sur, Cajamarca Norte y FBT, Nueva Cajamarca.



**Figura 19**

*Prueba de significancia para relación entre el tránsito vehicular y el ruido ambiental.*

#### 4.4.2 Incidencia del tránsito vehicular en los niveles de material particulado en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca

Al 95% de confianza y con un  $p$ -valor estimado de 0,016 ( $< 0,05$ ), se rechaza  $H_0$  y se deduce que existe relación estadísticamente significativa entre el tránsito vehicular y los niveles de material particulado  $PM_{2,5}$  en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca; además, el coeficiente de correlación de Spearman (0,476) indica que, entre el tránsito vehicular y los niveles de material particulado  $PM_{2,5}$  existe una correlación positiva moderada (Tabla 12).

**Tabla 12***Correlación Rho de Spearman entre el tránsito vehicular y material particulado PM2,5*

		Tránsito vehicular	$\mu\text{g PM}_{2,5}/\text{m}^3$
Tránsito vehicular	Coefficiente de correlación	1,000	,476*
	Sig. (bilateral)		,016
	N	25	25
$\mu\text{g PM}_{2,5}/\text{m}^3$	Coefficiente de correlación	,476*	1
	Sig. (bilateral)	,016	
	N	25	25

Nota. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

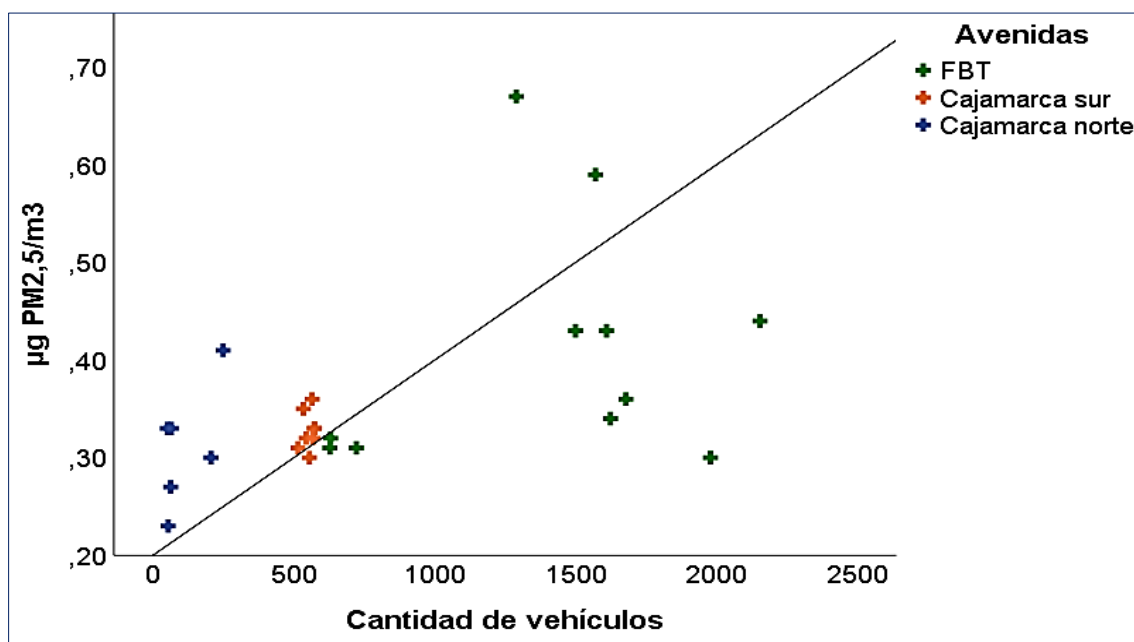
Al 99% de confianza y con un p-valor estimado de 0,006 ( $< 0,01$ ), se rechaza  $H_0$  y se deduce que existe relación estadísticamente significativa entre el tránsito vehicular y los niveles de material particulado PM10 en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT de Nueva Cajamarca; además, el coeficiente de correlación de Spearman (0,530) indica que, entre el tránsito vehicular y los niveles de material particulado PM10 existe una correlación positiva moderada (Tabla 13).

**Tabla 13***Correlación Rho de Spearman entre el tránsito vehicular y material particulado PM10*

		Tránsito vehicular	$\mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$
Tránsito vehicular	Coefficiente de correlación	1,000	,530*
	Sig. (bilateral)		,006
	N	25	25
$\mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$	Coefficiente de correlación	,530*	1
	Sig. (bilateral)	,006	
	N	25	25

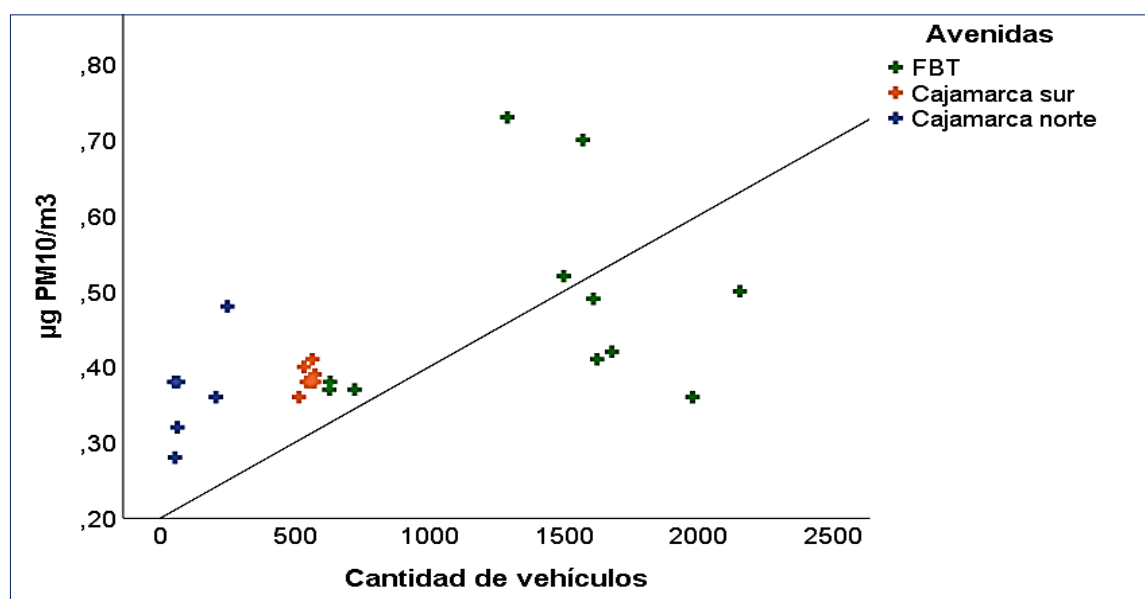
Nota. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

La Figura 20 pone en evidencia la relación directamente proporcional que existe entre el tránsito vehicular (cantidad de vehículos) y los niveles de material particulado PM2,5 ( $\mu\text{g PM}_{2,5}/\text{m}^3$ ); asimismo, la Figura 21 pone en evidencia la relación directamente proporcional que existe entre el tránsito vehicular (cantidad de vehículos) y los niveles de material particulado PM10 ( $\mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ ); en ambos casos, las rectas de la pendiente positiva indican que, a mayor tránsito vehicular, mayor serán los niveles de material particulado PM2,5 y PM10 en las tres avenidas estudiadas.



**Figura 20**

*Correlación lineal entre el tránsito vehicular y los niveles de material particulado PM2,5.*



**Figura 21**

*Correlación lineal entre el tránsito vehicular y los niveles de material particulado PM10.*

### **Prueba de significancia**

$H_1$ : A mayor tránsito vehicular entonces mayor incidencia en material particulado PM2,5 y PM10 en las avenidas Cajamarca Sur, Cajamarca Norte y FBT, Nueva Cajamarca.

$H_0$ : A mayor tránsito vehicular entonces menor incidencia en material particulado PM2,5 y PM10 en las avenidas Cajamarca Sur, Cajamarca Norte y FBT, Nueva Cajamarca.

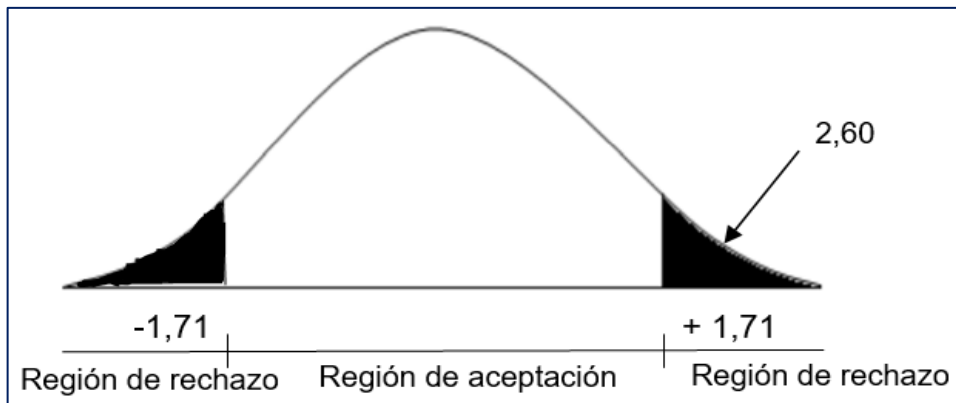
### a. Cálculo del estadístico de prueba

$t_t = 1,71$  al 0,05 de significancia con  $n - 2$  grados de libertad.

Para PM2,5:  $t_c = 0,476 \sqrt{\frac{25-2}{1-0,476^2}} = 2,60$ ; para PM10:  $t_c = 0,530 \sqrt{\frac{25-2}{1-0,530^2}} = 2,99$

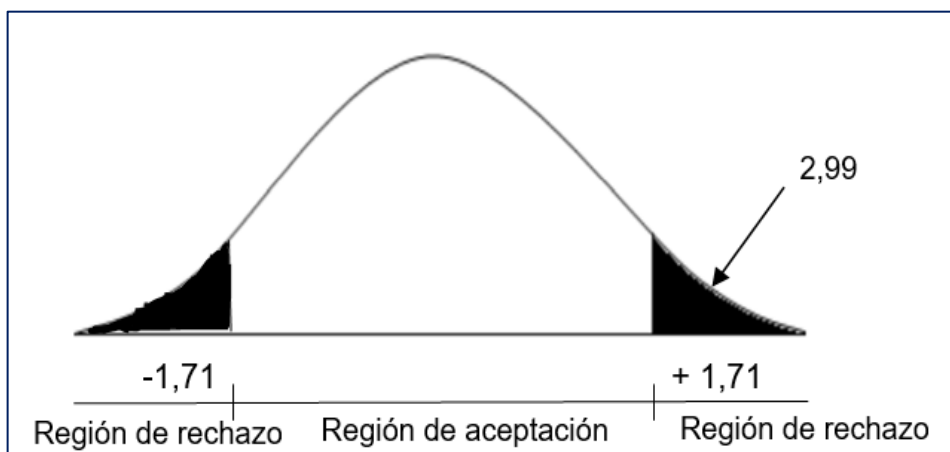
### b. Decisión estadística

Al encontrar un  $t$  calculado (2,60) mayor que la  $t$  tabulado (1,71) se rechaza  $H_0$  (Figura 22) y al estimar un  $t$  calculado (2,99) mayor que la  $t$  tabulado (1,71) también se rechaza  $H_0$  (Figura 23), se acepta en ambos casos la hipótesis de investigación ( $H_1$ ), lo que indica que a mayor tránsito vehicular entonces mayor incidencia en los niveles de material particulado PM2,5 y PM10 en las avenidas Cajamarca Sur, Cajamarca Norte y FBT, Nueva Cajamarca.



**Figura 22**

*Prueba de significancia para relación entre el tránsito vehicular y material particulado PM2,5.*



**Figura 23**

*Prueba de significancia para relación entre el tránsito vehicular y material particulado PM10.*

#### 4.5 Discusión de resultados

Se caracterizó la frecuencia de 11 tipologías de unidad vehiculares (livianos y pesados), de los cuales los livianos como motokares y motocicletas son los que mayor cantidad circulan en cada punto evaluado y por ende tienen más incidencia en el ruido ambiental registrado; al respecto, Salomons y Berghauser (2012), refieren que los tipos de vehículos en un determinado lugar inciden en la distribución del ruido del tráfico.

Ukpebor *et al.* (2021) al implementar medidas de control del tráfico en la ciudad de Benin en Nigeria encontraron una reducción del ruido de 78,18 dB (A) a 73,17 dB (A); al respecto, es posible evidenciar que en la avenida FBT el nivel promedio de ruido generado es de 85,2 dB (A) y en la avenida Cajamarca Sur y Norte es de 76,3 y 63,1 dB (A), respectivamente, esto demuestra que al reducir la cantidad de vehículos que circulan en una determinada vía también se reducen los niveles de material particulado, por lo que implementar medidas de control del tráfico en cada una de las avenidas también permitiría disminuir los niveles elevados registrados en los puntos de muestreo.

Se determinó que los niveles de ruido de la avenida FBT y Cajamarca Sur excedieron el valor estándar para zona residencial y comercial y el ruido en la avenida Cajamarca Norte excedió solo el estándar para la zona residencial, llegando a registrar entre las tres avenidas un nivel máximo de ruido de 92,5 dB (A); al respecto, Farooqi *et al.* (2020) en un centro industrial de Pakistán encontraron un nivel máximo de 102,0 dB (A) a partir del cual los encuestados refirieron padecer de dolor de cabeza, insomnio, hipertensión, estrés fisiológico, niveles elevados de presión arterial y mareos; ante ello y considerando que el nivel de ruido reportado por el mencionado autor excede solo en 9,5 dB (A) a lo encontrado, se recomienda evaluar en el área de estudio las posibles enfermedades que pueden padecer los pobladores.

Asimismo, Paiva *et al.* (2019), en Brasil determinaron que al superar el ruido registrado en todos los puntos de muestreo al nivel de ruido crítico para una zona residencial (55 dB(A)), el 48,4% de personas mencionaron percibir molestias relacionados al ruido; al respecto, en el estudio, los niveles de promedios de ruido registrados en todos los puntos de muestreo de las 3 avenidas excedieron el estándar establecido para horario diurno para zona residencial (60 dB(A)), por lo cual se asume que el tráfico estaría ocasionando molestias en los pobladores siendo pertinente la implementación de medidas de control y reducción de niveles de ruido.

En la avenida Fernando Belaunde Terry (FBT) circulan en promedio 1 399 veh/h que generan al día una concentración promedio 9,81  $\mu\text{g PM}_{2,5}/\text{m}^3$  y 11,45  $\mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ , seguido de 553 veh/h en la avenida Cajamarca Sur donde se genera al día 7,83  $\mu\text{g PM}_{2,5}/\text{m}^3$ .

PM<sub>2,5</sub>/m<sup>3</sup> y 9,25 µg PM<sub>10</sub>/m<sup>3</sup> y 115 veh/h en la Cajamarca Sur que generan al día 7,42 µg PM<sub>2,5</sub>/m<sup>3</sup> y 8,75 µg PM<sub>10</sub>/m<sup>3</sup>, estos resultados demuestran que conforme disminuye el tránsito de vehículos también disminuye los niveles de material particulado, información que se ratifica con lo encontrado por Azhari *et al.* (2021) quienes al reducir el 30% del tráfico, las concentraciones de ambas dimensiones de material particulado se redujeron, aunque los valores del mencionado autor superan a lo encontrado en el estudio, lo que se asume que se debe a las características principales de las vías, condiciones meteorológicas y la cantidad de flujo y tipo de vehículos.

Los niveles de material particulado PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub> estimados no exceden los valores estándar establecidos para 24 horas en el “Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM”; al respecto, Medina y Quispe (2022), encontraron concentraciones de PM<sub>10</sub> de 87,5 y 79,5 µg/m<sup>3</sup> y Sánchez y Aldaba (2022), estimaron concentraciones de PM<sub>2,5</sub> de 43,01; 35,55 y 31,09 µg/m<sup>3</sup> y de PM<sub>10</sub> de 136,79; 220,08 y 126,99 µg/m<sup>3</sup>, cuyos resultados de PM<sub>10</sub> de Sánchez y Aldaba (2022) exceden el valor estándar de 100,0 µg/m<sup>3</sup>; asimismo, se observa que los mencionados autores reportaron concentraciones superiores a lo encontrado en el presente estudio, lo cual se debe principalmente a las características de capa asfáltica de la vía, factores climatológicos y al flujo y tipo de vehículos que circulan en las avenidas tal y como también lo refiere (Guerra, 2020).

Se determinó que existe relación directa y positiva muy alta entre el tránsito vehicular y los niveles de ruido ambiental en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT; resultado que se corrobora con lo encontrado por Urteaga (2023), quien determinó una relación directamente proporcional entre el ruido y volumen de vehículos; es decir, en ambos casos se afirma que a mayor cantidad de vehículos mayores serán los niveles de ruido ambiental.

Con los resultados de prueba estadística de correlación Rho de Spearman y de significancia queda claro que el tránsito vehicular es considerado una de las principales fuentes de ruido en las avenidas Cajamarca Sur, Norte y FBT; al respecto, Ukpebor *et al.* (2021), con los resultados encontrados en su estudio, afirman también que el tráfico rodado es la fuente principal de ruido en la ciudad de Benin en Nigeria.

Existe relación estadísticamente significativa y correlación directa y positiva moderada entre el tránsito vehicular y el material particulado PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>; resultado que se corrobora con lo encontrado por Sánchez y Aldaba (2022) quienes en la provincia de Coronel Portillo, en la zona de la plaza de Pucallpa determinaron relación altamente significativa y significativa en los niveles de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> por el tránsito de vehículos, en la carretera Federico Basadre km 10 encontraron relación altamente significativa con

el PM<sub>2,5</sub> y significativa con PM<sub>10</sub> y en la carretera Santa Rosa el tránsito vehicular se relacionó moderadamente con el PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>; resultados que al ser comparados con lo encontrado demuestran que a mayor cantidad de vehículos mayor será la incidencia en los niveles de PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>.



## CONCLUSIONES

1. Entre las tres avenidas estudiadas, en la Fernando Belaunde Terry (FBT) circula la mayor cantidad de vehículos, seguido de la avenida Cajamarca Sur y Norte en orden descendente con menores cantidades de flujo vehicular; asimismo, en cada punto de muestreo de las tres avenidas estudiadas, los vehículos menores como motokar y motocicleta circulan en mayor cantidad a diferencia de vehículos mayores como tráiler, bus y volquete con flujos menores de tránsito, los mismos que tienen como avenida principal de circulación a la FBT.
2. Los niveles más altos de ruido se generan en la avenida FBT, seguido del nivel de ruido que se generan en la avenida Cajamarca Sur y el menor nivel de ruido se generan en la avenida Cajamarca Norte; asimismo, los niveles de ruido de la avenida FBT y Cajamarca Sur exceden el valor estándar diurno para la zona residencial y comercial; por tanto, los niveles de ruido de la avenida Cajamarca Norte solo exceden el estándar diurno para la zona residencial.
3. En la avenida FBT se generan los mayores niveles de PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>, seguido de los niveles de partículas que se generan en la avenida Cajamarca Sur y Norte, en esta última se generan los menores niveles de PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>; por otro lado, todas las concentraciones de ambas partículas estudiadas y estimadas en todos los puntos de muestreo de las 3 avenidas no exceden el valor estándar de ECA para aire para 24 horas.
4. Se concluye que, existe relación estadísticamente significativa entre el tránsito vehicular y los niveles de ruido ambiental y material particulado PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>; asimismo, existe correlación positiva muy alta entre el tránsito vehicular y el ruido ambiental, y correlación positiva moderada entre el tránsito vehicular y los niveles de material particulado PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>; finalmente, se concluye que, a mayor tránsito vehicular entonces mayor incidencia en ruido ambiental y material particulado PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub> en las avenidas Cajamarca Sur, Cajamarca Norte y FBT, Nueva Cajamarca.

## RECOMENDACIONES

1. A los conductores de vehículos motorizados, recomendar la reducción de velocidad en las avenidas estudiadas; también, evitar generar ruidos innecesarios con el claxon, particularmente en los semáforos y recomendarles llevar al día en la revisión técnica de sus vehículos como medida de reducción de ruido y emisión de material particulado.
2. A la municipalidad distrital de Nueva Cajamarca, recomendar implementar medidas que permitan reducir el ruido ambiental generado por los vehículos y también recomendarles controlar frecuentemente los estados de revisión técnica de los vehículos como medida de control de emisión de ruido y material particulado por combustión.
3. A investigadores, se recomienda desarrollar estudios en otras avenidas principales de la ciudad de Nueva Cajamarca; asimismo, desarrollar estudios en vías no pavimentadas con alto flujo vehicular en el cruce de esquinas, también estudiar otros tipos de gases contaminantes, evaluar los posibles efectos del ruido y material particulado en la salud de la población y finalmente, tomar en cuenta otros tipos de fuentes de emisión (industrias y actividades urbanas), todo esto permitirá comparar y complementar el estudio realizado.
4. A los estudiantes de nuestra casa superior y de otras universidades, se les recomienda hacer desarrollo investigaciones referidos al tema en otras ciudades de la región donde se prevé aumento significativo del tránsito de vehículos, con la finalidad de obtener información científica importante para el público en general.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adza, W. K., Hursthouse, A. S., Miller, J., & Boakye, D. (2022). Exploring the combined association between road traffic noise and air quality using QGIS. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(24), 17057. <https://doi.org/10.3390/IJERPH192417057>
- Aleaga, J. C. (2017). *El ruido laboral y su incidencia en los trastornos del oído de los operadores del área de producción de productos plásticos de la Empresa Holviplas S.A.* [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio institucional. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/25953>
- Amable, I., Méndez, J., Delgado, L., Acebo, F., Armas, J., y Rivero, M. L. (2017). Contaminación ambiental por ruido. *Revista Médica Electrónica*, 39(3), 640-649. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1684-18242017000300024](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242017000300024)
- Andreu, C. (2012). *Métodos de control de ruido en el ambiente laboral.* <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/2802/tfm146.pdf>
- Arciniégas, C. (2012). Diagnóstico y control de material particulado: Partículas suspendidas totales y fracción respirable PM10. *Luna Azul*, 34. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-24742012000100012](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742012000100012)
- Azhari, A., Halim, N. D. A., Mohtar, A. A. A., Aiyub, K., Latif, M. T., & Ketznel, M. (2021). Evaluation and prediction of PM10 and PM2.5 from road source emissions in Kuala Lumpur City Centre. *Sustainability*, 13(10), 5402. <https://doi.org/10.3390/SU13105402>
- Bolaños, E. (2012). Muestra y muestreo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo Escuela Superior de Tizayuca. [https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P\\_Presentaciones/tizayuca/gestion\\_tecnologica/muestraMuestreo.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/tizayuca/gestion_tecnologica/muestraMuestreo.pdf)
- Buñay, L. G. (2022). *Exposición a material particulado Pm2,5 a nivel de calles, parques y domicilios en los barrios de La Joya 1, La Joya 2, El Tambo, ubicados en la parroquia de Cutuglagua, cantón Mejía, provincia Pichincha* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio institucional. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22330>

- Castillo, V., y Yalli, K. (2021). Nivel de ruido ambiental producido por el tránsito de vehículos y la percepción de las personas en el cercado de la ciudad de Huancavelica - 2019 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3764>
- Cobo, P., y Cuesta, M. (2018). *El ruido*.
- Decreto Supremo N° 085-2003-PCM. *Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido*. Sistema Nacional de Información Ambiental. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-estandares-nacionales-calidad-ambiental-ruido>
- Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias*. <https://infoaireperu.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/05/Decreto-Supremo-N%C2%B0-003-2017-MINAM.pdf>
- Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM. *Decreto Supremo que aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/decreto-supremo-que-aprueba-protocolo-nacional-monitoreo-calidad>
- Doll, C. (2019). Monetary Valuation of Health Impacts From Noise. *Encyclopedia of Environmental Health*, 456-469. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10676-1>
- El Morabet, R. (2018). Effects of outdoor air pollution on human health. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11012-7>
- Environmental Protection Agency (EPA). (2022a). *Clean air act title IV - Noise pollution*. US EPA. <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/clean-air-act-title-iv-noise-pollution>
- Environmental Protection Agency (EPA). (2022b). *Health and environmental effects of particulate matter (PM)*. US EPA. <https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm>
- Environmental Protection Agency (EPA). (2022c). *Particulate Matter (PM) Basics*. US EPA. <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>

- Environmental Protection Agency (EPA). (2023). *Noise*. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.ie/environment-and-you/noise/>
- European Environment Agency (EEA). (2020). Environmental noise in Europe - 2020. *European Environment Agency*, 22/2019, 104. <https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-noise-in-europe>
- Farooqi, Z. U. R., Sabir, M., Latif, J., Aslam, Z., Ahmad, H. R., Ahmad, I., Imran, M., & Ilić, P. (2020). Assessment of noise pollution and its effects on human health in industrial hub of Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(3), 2819-2828. <https://doi.org/10.1007/S11356-019-07105-7/METRICS>
- Fernández, R. (2011). *Elementos de la teoría del tráfico vehicular* (J. C. Dextre, Ed.; Primera edición). Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/173103>
- France 24. (2019). *Perú es el país con la peor calidad de aire y Santiago la capital más contaminada de Latinoamérica*. France 24. Medio Ambiente. <https://www.france24.com/es/20190313-medio-ambiente-calidad-aire-contaminacion>
- González, L. T. (2018). *Caracterización química y morfológica del material particulado suspendido del área metropolitana de Monterrey y sus posibles fuentes de emisión* [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo León]. Repositorio institucional. <http://eprints.uanl.mx/16800/>
- González, Y. (2012). *Caracterización físico-química del material particulado atmosférico de origen industrial en Andalucía* [Tesis de doctorado, Universidad de Huelva]. Repositorio institucional. <https://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/5439>
- Guerra, M. T. (2020). Distribución espacial vertical de la concentración de material particulado respirable (PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>) en el Morro de Calzada [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3970>
- Hernández, C., & Carpio, N. (2019). Introducción a los tipos de muestreo. *Revista ALERTA*, 2(1), 75-79. doi:10.5377/alerta.v2i1.7535
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

- Herrera, A. (2019). Evaluación y modelamiento del ruido producido por el tráfico vehicular en las Av. Goyeneche e Independencia de la Ciudad de Arequipa. Repositorio institucional. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Ibrahim, S. A.J., Hassan, S. A., & Rasheed, M. A. (2022). The effect of noise exposure in residential buildings on student e-learning during corona pandemic. *Journal of Engineering and Sustainable Development*, 26(6), 67-74. <https://doi.org/10.31272/JEASD.26.6.7>
- Jandacka, D., Decky, M., & Durcanska, D. (2019). Traffic related pollutants and noise emissions in the vicinity of different types of urban crossroads. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 661(1), 012152. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/661/1/012152>
- Khan, J., Kakosimos, K., Jensen, S. S., Hertel, O., Sørensen, M., Gulliver, J., & Ketznel, M. (2020). The spatial relationship between traffic-related air pollution and noise in two Danish cities: Implications for health-related studies. *Science of The Total Environment*, 726, 138577. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.138577>
- Li, C., & Managi, S. (2021). Contribution of on-road transportation to PM2.5. *Scientific Reports*, 11(1), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00862-x>
- Mansour, A., & Aljamil, H. (2022). Investigating the effect of traffic flow on pollution, noise for urban road network. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 961(1), 012067. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/961/1/012067>
- Mayorga, A. N. (2019). *Evaluación de la concentración y dispersión de material particulado (pm10) en el barrio El Dorado de la comuna San Humberto del municipio de Soacha* [Tesis de grado, Universidad Libre]. Repositorio institucional. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/19179?locale-attribute=en>
- Medina, Y. D., y Quispe, F. S. (2022). Material particulado PM10 y el tráfico vehicular en la salida Lampa (tramo Jr. Kantú - Jr. América) de la ciudad de Juliaca, 2022 [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/95752>
- Ministerio del Ambiente. 2014. *Protocolo nacional de monitoreo de ruido ambiental*. <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/96>
- Mozo, J. (2012). *Análisis de capacidad y nivel de servicio de segmentos básicos de autopistas, segmentos trenzados y rampas de acuerdo al manual de capacidad de carreteras HCM2000 aplicando MathCad. Capítulo: Teoría de flujo vehicular*.

- <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/417/A4.pdf>
- Municipalidad Metropolitana de Lima (MML). (2005). *Estudio de impacto ambiental*. <https://www.protransporte.gob.pe/pdf/biblioteca/2005/EIA-Estaciones%20Sur.pdf>
- Muñoz, S., Salcedo, J., y Sotomayor, A. (2021). Contaminación ambiental producida por el tránsito vehicular y sus efectos en la salud humana: revisión de literatura. *INVENTUM*, 16(30), 20-30. <https://doi.org/10.26620/UNIMINUTO.INVENTUM.16.30.2021.20-30>
- Nakashima, H., Shinkai, T., & Kakinuma, T. (2018). Vehicular suction noise transmission system. *U.S. Patent No. 9,926,896*.
- Núñez, Y. P. (2019). *Estimación de fuentes de material particulado atmosférico (PM10 y PM2.5) en la ciudad de Barranquilla, Colombia* [Tesis de maestría, Universidad de la Costa]. Repositorio institucional. <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/6017>
- Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía (OSMAN). (2009). *Ruido y salud*. [https://www.diba.cat/c/document\\_library/get\\_file?uuid=72b1d2fd-c5e5-4751-b071-8822dfdfdded&groupId=7294824](https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=72b1d2fd-c5e5-4751-b071-8822dfdfdded&groupId=7294824)
- Ordóñez, K., Mendoza, K. L., y Ordóñez, L. A. (2021). El derecho ambiental y la contaminación sonora en el Perú. *REBIOL*, 41(2), 246-255. <https://doi.org/10.17268/REBIOL.2021.41.02.10>
- Paiva, K. M., Cardoso, M. R. A., & Zannin, P. H. T. (2019). Exposure to road traffic noise: Annoyance, perception and associated factors among Brazil's adult population. *Science of The Total Environment*, 650, 978-986. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.09.041>
- Piccoli, B., & Tosin, A. (2009). Vehicular Traffic: A Review of Continuum Mathematical Models. *Encyclopedia of Complexity and Systems Science*, 9727-9749. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-30440-3\\_576](https://doi.org/10.1007/978-0-387-30440-3_576)
- Quispe, J., Roque, C., Rivera, G., Rivera, F., y Romani, A. (2021). Impacto de la contaminación sonora en la salud de la población de la ciudad de Juliaca, Perú. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(1), 311-337. [https://doi.org/10.37811/CL\\_RCM.V5I1.228](https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V5I1.228)
- Ramírez, A. (2011). *Medio ambiente el ruido vehicular urbano: problemática agobiante de los países en vías de desarrollo*.

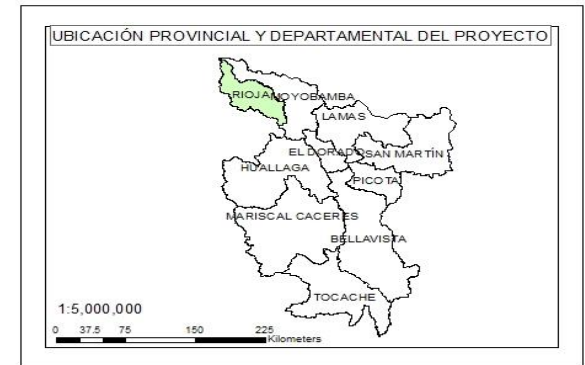
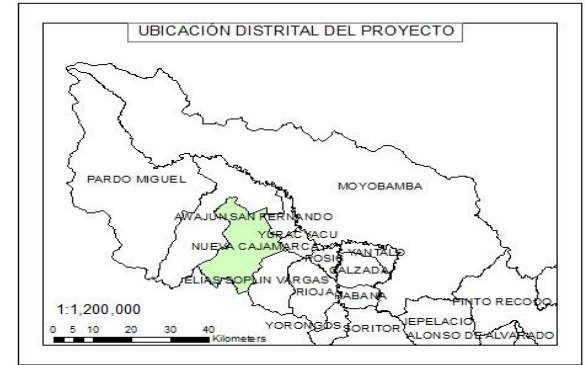
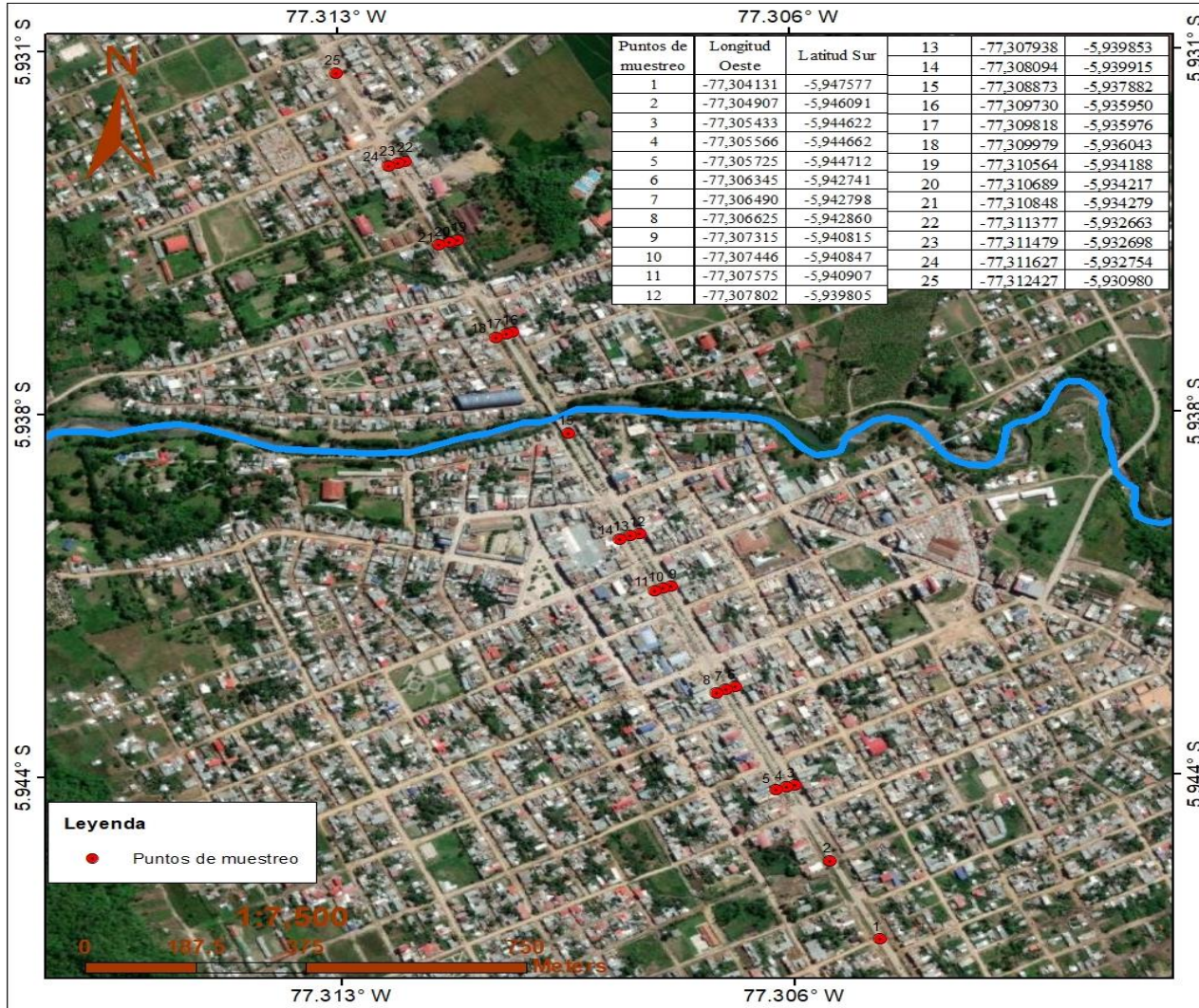
- Reche, C., Tobias, A., & Viana, M. (2022). Vehicular traffic in urban areas: Health burden and influence of sustainable urban planning and mobility. *Atmosphere*, 13(4), 598. <https://doi.org/10.3390/ATMOS13040598/S1>
- Röösli, M. (2019). Effects of transportation noise and particulate matter on the cardiovascular system: What is the new evidence? *Giornale italiano di medicina del lavoro ed ergonomia*, 41(4), 324-327. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32126602/>
- Rubio, E. P. (2020). Estado de contaminación ambiental en los grifos de la ciudad de Moyobamba por emisión de ruido-2019 [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3971>
- Salomons, E. M., & Berghauser, M. (2012). Urban traffic noise and the relation to urban density, form, and traffic elasticity. *Landscape and Urban Planning*, 108(1), 2-16. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2012.06.017>
- Salva, J., Vanek, M., Schwarz, M., Gajtanska, M., Tonhauzer, P., & Ďuricová, A. (2021). An assessment of the on-road mobile sources contribution to particulate matter air pollution by AERMOD dispersion model. *Sustainability*, 13(22), 12748. <https://doi.org/10.3390/SU132212748>
- Sánchez, A. L., y Aldaba, D. A. (2022). Influencia de características antrópicas de tres zonas de la provincia de Coronel Portillo en la concentración de material particulado PM10 y PM2.5, Ucayali, Perú [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5647>
- Sánchez, C., y Reyes, C. (2006). *Metodología y diseño en la investigación científica* (E. V. Universitaria, Ed.).
- Šarkan, B., Gnap, J., Loman, M., & Harantová, V. (2023). Examining the amount of particulate matter (PM) emissions in urban areas. *Applied Sciences*, 13(3), 1845. <https://doi.org/10.3390/APP13031845>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). (2018). *Emisiones de vehículos generan hollín en la atmósfera de Lima y Callao, según SENAMHI*. SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental. <https://sinia.minam.gob.pe/novedades/emisiones-vehiculos-generan-hollin-atmosfera-lima-callao-segun-senamhi>



- Silva, F., Analide, C., & Novais, P. (2014). Assessing road traffic expression. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 3(1), 20. <https://doi.org/10.9781/IJIMAI.2014.313>
- Stansfeld, S., & Clark, C. (2019). Mental Health Effects of Noise. *Encyclopedia of Environmental Health*, 287-294. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11814-7>
- Tezel, M. N., Sari, D., Ozkurt, N., & Keskin, S. S. (2019). Combined NO<sub>x</sub> and noise pollution from road traffic in Trabzon, Turkey. *Science of The Total Environment*, 696, 134044. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.134044>
- Ukpebor, J. E., Omagamre, E. W., Bamidele, A., Unuigbe, C. A., Dibia, E. N., & Ukpebor, E. E. (2021). Impacts of improved traffic control measures on air quality and noise level in Benin City, Nigeria. *Malawi Journal of Science and Technology*, 13(2), 51-83. <https://www.ajol.info/index.php/mjst/article/view/218545>
- Urteaga, M. R. (2023). Niveles de contaminación sonora por efecto del tránsito vehicular en el centro urbano de Baños del Inca, 2019 [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5634>
- Watson, I., Ali, A., & Bayyati, A. (2018). Noise mitigation and related factors of highspeed railways. *European Journal of Sustainable Development*, 7(3). <https://doi.org/10.14207/EJSD.2018.V7N3P11>
- World Health Organization (WHO). (2022). *Ambient (outdoor) air pollution*. World Health Organization. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Yang, W., He, J., He, C., & Cai, M. (2020). Evaluation of urban traffic noise pollution based on noise maps. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 87, 102516. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2020.102516>

## **ANEXOS**

Anexo 1. Mapa de ubicación del proyecto



PROYECTO:  
 "TRÁNSITO VEHICULAR Y SU INCIDENCIA EN MATERIAL PARTICULADO Y RUIDO AMBIENTAL EN LAS AVENIDAS NORTE, SUR Y FBT, NUEVA CAJAMARCA"

MAPA:  
 "UBICACIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO"

UBICACIÓN: DISTRITO: NUEVA CAJAMARCA PROVINCIA : RIOJA REGIÓN : SAN MARTÍN	MAPAN°: <b>01</b>
ESCALA: INDICADA	TESISTA: EDINSON JULÓN HUAMAN
PROYECCIÓN/UTM: UTM/WGS84-18S	ASESOR: Ing. M.Sc. ROYDICHAN OLANO ARÉVALO
	FECHA: ABR-2023

## Anexo 2. Ficha de contabilización de número de vehículos

Proyecto	: Tránsito vehicular y su incidencia en material particulado y ruido ambiental en las avenidas Norte, Sur y FBT, Nueva Cajamarca											
Fecha	:	Hora de inicio		:								
	Longitud:			Latitud:								
Punto de muestreo N°	Tiempo de medición	Referencia de punto de muestreo:										
		Cantidad de vehículos										
		Tipo de vehículo										
		Motokar	Moto carguera	Motocicleta	Auto	Camioneta	Tráiler	Bus	Volquete	Minivan	Combi	Canter
	0' – 10'											
	11 – 20'											
	21 – 30'											
	31 – 40'											
	41 – 50'											
	51 – 60'											
Observaciones:												

## Anexo 3. Ficha de recolección de datos de ruido ambiental, PM2,5 y PM10

Proyecto	: Tránsito vehicular y su incidencia en material particulado y ruido ambiental en las avenidas Norte, Sur y FBT, Nueva Cajamarca			
Fecha	:	Hora de inicio	:	
Punto de muestreo N°	Tiempo de medición	Hora de fin	:	
		Longitud:		Latitud:
		L <sub>AeqT</sub> (dBA)	µg PM2,5/m <sup>3</sup>	µg PM10/m <sup>3</sup>
	0' – 10'			
	11 – 20'			
	21 – 30'			
	31 – 40'			
	41 – 50'			
	51 – 60'			
Observaciones:				

## Anexo 4. Niveles de ruido ambiental registrados

Puntos de muestreo	Muestras								Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	89,5	86,5	89,2	89,4	90,2	88,7	88,0	89,6	88,9
2	91,7	88,6	90,5	89,1	90,2	89,5	90,1	89,3	89,9
3	74,9	75,2	76,8	75,5	74,8	75,9	76,4	75,8	75,7
4	76,6	78,0	76,2	77,3	79,0	76,8	78,1	78,5	77,6
5	75,7	74,5	76,2	77,4	75,8	75,2	76,8	76,2	76,0
6	74,6	75,3	75,8	75,4	75,8	75,2	76,3	75,2	75,5
7	80,4	79,5	79,4	79,6	80,3	78,4	79,0	80,1	79,6
8	75,5	76,8	75,0	76,2	75,6	77,1	76,8	78,2	76,4
9	75,7	74,4	75,4	75,8	76,1	74,9	74,7	75,0	75,3
10	79,5	78,9	77,6	77,1	78,4	79,1	78,3	79,0	78,5
11	76,3	75,3	77,7	78,4	78,0	77,4	77,0	76,5	77,1
12	77,0	76,0	75,1	75,8	77,2	76,9	76,2	77,1	76,4
13	89,7	90,5	88,3	87,9	88,5	89,3	89,0	89,6	89,1
14	78,0	77,0	76,3	77,5	78,2	77,9	80,0	78,2	77,9
15	93,3	91,3	92,0	93,2	93,0	92,4	92,8	91,7	92,5
16	66,8	65,4	65,0	67,8	64,3	67,9	68,0	66,4	66,5
17	87,5	88,7	86,9	89,4	90,1	88,9	89,4	87,3	88,5
18	65,8	65,0	68,6	67,4	66,8	65,8	67,9	66,4	66,7
19	60,2	61,3	61,8	62,0	61,4	62,5	63,7	59,8	61,6
20	84,8	83,5	80,7	82,2	83,4	81,4	79,1	80,6	82,0
21	62,2	61,4	60,9	61,2	61,8	59,4	61,2	58,7	60,9
22	61,0	63,2	61,3	62,1	63,0	60,8	60,1	61,4	61,6
23	92,6	90,4	89,7	90,0	91,5	90,3	89,0	89,4	90,4
24	60,7	59,2	62,0	61,5	63,0	62,2	63,1	60,0	61,5
25	82,9	80,1	81,5	80,6	79,4	79,0	81,1	80,7	80,7

## Anexo 5. Niveles de material particulado (PM2,5 y PM10) registrados

Puntos de muestreo	Muestras																Promedio	
	1		2		3		4		5		6		7		8			
	PM2,5	PM10	PM2,5	PM10	PM2,5	PM10	PM2,5	PM10	PM2,5	PM10	PM2,5	PM10	PM2,5	PM10	PM2,5	PM10	PM2,5	PM10
1	0,47	0,53	0,42	0,47	0,39	0,51	0,41	0,52	0,46	0,55	0,44	0,54	0,42	0,56	0,40	0,51	0,43	0,52
2	0,66	0,72	0,53	0,59	0,60	0,75	0,55	0,74	0,57	0,70	0,62	0,73	0,59	0,68	0,63	0,72	0,59	0,70
3	0,32	0,37	0,29	0,35	0,31	0,40	0,32	0,39	0,30	0,38	0,28	0,35	0,31	0,41	0,29	0,37	0,30	0,38
4	0,31	0,36	0,30	0,36	0,33	0,38	0,29	0,37	0,30	0,35	0,32	0,37	0,31	0,38	0,28	0,36	0,31	0,37
5	0,33	0,38	0,31	0,36	0,32	0,39	0,32	0,36	0,29	0,37	0,30	0,41	0,32	0,40	0,33	0,37	0,32	0,38
6	0,34	0,39	0,32	0,37	0,30	0,36	0,34	0,38	0,33	0,39	0,32	0,40	0,29	0,36	0,30	0,37	0,32	0,38
7	0,32	0,37	0,30	0,35	0,31	0,35	0,32	0,38	0,29	0,35	0,30	0,37	0,31	0,38	0,31	0,39	0,31	0,37
8	0,35	0,40	0,33	0,38	0,34	0,39	0,33	0,37	0,31	0,39	0,34	0,42	0,32	0,40	0,33	0,38	0,33	0,39
9	0,36	0,42	0,35	0,40	0,37	0,41	0,34	0,40	0,34	0,39	0,35	0,40	0,33	0,39	0,35	0,42	0,35	0,40
10	0,34	0,39	0,32	0,37	0,33	0,38	0,31	0,37	0,32	0,38	0,30	0,36	0,30	0,37	0,33	0,39	0,32	0,38
11	0,37	0,43	0,34	0,39	0,36	0,41	0,36	0,42	0,35	0,40	0,36	0,40	0,37	0,42	0,35	0,42	0,36	0,41
12	0,32	0,37	0,31	0,36	0,32	0,35	0,32	0,36	0,30	0,35	0,29	0,36	0,31	0,37	0,32	0,37	0,31	0,36
13	0,34	0,41	0,38	0,43	0,35	0,40	0,36	0,42	0,35	0,41	0,37	0,42	0,36	0,42	0,34	0,41	0,36	0,42
14	0,33	0,38	0,31	0,37	0,34	0,37	0,32	0,39	0,33	0,39	0,34	0,40	0,32	0,38	0,31	0,37	0,33	0,38
15	0,45	0,50	0,42	0,48	0,44	0,51	0,43	0,48	0,45	0,51	0,44	0,50	0,45	0,52	0,46	0,51	0,44	0,50
16	0,42	0,48	0,41	0,47	0,40	0,47	0,39	0,46	0,40	0,48	0,42	0,47	0,43	0,50	0,42	0,49	0,41	0,48
17	0,29	0,35	0,30	0,36	0,28	0,36	0,29	0,34	0,31	0,37	0,30	0,36	0,31	0,38	0,32	0,38	0,30	0,36
18	0,28	0,34	0,31	0,37	0,29	0,35	0,32	0,36	0,30	0,35	0,31	0,37	0,29	0,34	0,28	0,36	0,30	0,36
19	0,27	0,31	0,26	0,31	0,28	0,33	0,27	0,32	0,26	0,32	0,25	0,31	0,27	0,33	0,26	0,30	0,27	0,32
20	0,73	0,79	0,59	0,64	0,72	0,77	0,70	0,76	0,65	0,72	0,62	0,74	0,71	0,76	0,64	0,69	0,67	0,73
21	0,25	0,30	0,20	0,25	0,24	0,29	0,22	0,28	0,21	0,28	0,23	0,27	0,23	0,28	0,24	0,30	0,23	0,28
22	0,34	0,39	0,31	0,36	0,32	0,38	0,33	0,37	0,32	0,39	0,31	0,37	0,35	0,40	0,32	0,38	0,33	0,38
23	0,45	0,50	0,44	0,49	0,42	0,49	0,43	0,51	0,44	0,50	0,44	0,51	0,42	0,48	0,43	0,44	0,43	0,49
24	0,35	0,40	0,30	0,35	0,34	0,39	0,35	0,38	0,33	0,38	0,34	0,38	0,30	0,36	0,32	0,37	0,33	0,38
25	0,36	0,41	0,32	0,37	0,33	0,42	0,35	0,41	0,36	0,41	0,34	0,40	0,35	0,42	0,33	0,41	0,34	0,41



## Anexo 6. Certificado de calibración de sonómetro



CONSORCIO PASCO



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 029



Registre N° LC - 029

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN OHLAC-020-2023

**1.- SOLICITANTE**

**Nombre:** TUSAN INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.  
**Dirección:** JR. RAMON CASTILLA NRO. 702 BAR. HUAYCO (ESPALDAS PEDAGOGICO) SAN MARTIN - SAN MARTIN - TARAPOTO

**OTI :** LC-029

**2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** Sonómetro

**Marca :** SOUNDTEK  
**Modelo :** ST-109R  
**N° de Serie :** 170204508  
**Clase :** 1  
**Micrófono :** ST 10901  
**N° S. Micrófono :** 160072  
**Resolución :** 0,1 dB  
**Procedencia :** Taiwan

Este certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales (INACAL) y/o internacionales.

OHLAB S.A.C. custodia, conserva y mantiene sus patrones en áreas con condiciones ambientales controladas, realiza mediciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del sistema legal de unidades del medida del Perú.

OHLAB S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debe tener un control de mantenimiento y recalibraciones apropiadas para cada instrumento.

**3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN**

- \* El instrumento fue calibrado el 2023 - 01 - 24.
- \* La calibración se realizó en el Área de Electroacústica del Laboratorio OHLAB S.A.C.

**4.- CONDICIONES AMBIENTALES**

Temperatura	24,2 °C	±	0,2 °C
Humedad	59,3 % HR	±	3,4 % HR
Presión	1007,9 hPa	±	0,8 hPa

Este Certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos y/o modificaciones requieren la autorización del Laboratorio de Metrología OHLAB S.A.C.. Certificado sin firma y sello carecen de validez. Los resultados de este certificado no deben utilizarse como certificado de conformidad de producto. Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a calibración, el laboratorio OHLAB S.A.C. declina de toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciere de este certificado.

**Fecha de emisión:** 2023-01-24

**Sello**



OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY S.A.C.  
  
 Juan Diego Arribasplata  
 JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGIA

OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY S.A.C.  
Laboratorio de Metrología  
Avenida La Marina N° 365, La Perla Callao - Perú  
Tel.: (01) 454 3009 Cel.: (+51) 983 731 672  
Email: comercial@ohlaboratory.com  
Web: www.ohlaboratory.com



## Anexo 7. Equipo multifuncional ax-8016



### CALIBRATION

Like all scientific instruments, you can calibrate it initially or after long storage for greatest reproducibility and accuracy of results.

Calibration procedure is for formaldehyde and TVOC sensor. PM2.5 particular matter sensor does not require calibration. This procedure is best done OUTDOORS where formaldehyde and TVOC levels are generally negligible.

#### Video of procedure for calibration:

<https://www.youtube.com/watch?v=Y9ZdjOy2qAq>

## Anexo 8. Panel fotográfico



Figura 1. Medición niveles de ruido ambiental y material particulado.



Figura 2. Instalación de trípode para sonómetro.



Figura 3. Ubicación de puntos de muestreo.



Figura 4. Registro de vehículos, niveles de ruido ambiental y de material particulado.

# Tránsito vehicular y su incidencia en material particulado y ruido ambiental en las avenidas Norte, Sur y FBT, Nueva Cajamarca

*por* Edinson Julon Huaman

---

**Fecha de entrega:** 15-dic-2023 01:02p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2260066070

**Nombre del archivo:** ING\_AMBIENTAL-Edinson\_Jul\_n\_Huam\_n-1\_1.docx (6.71M)

**Total de palabras:** 16874

**Total de caracteres:** 91438



# Tránsito vehicular y su incidencia en material particulado y ruido ambiental en las avenidas Norte, Sur y FBT, Nueva Cajamarca

## INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

8%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[repositorio.unsm.edu.pe](https://repositorio.unsm.edu.pe)

Fuente de Internet

10%

2

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

3%

3

[tesis.unsm.edu.pe](https://tesis.unsm.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

4

[repositorio.utc.edu.ec](https://repositorio.utc.edu.ec)

Fuente de Internet

1%

5

[repositorio.unu.edu.pe](https://repositorio.unu.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

6

[repositorio.ucv.edu.pe](https://repositorio.ucv.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

7

[repositorio.upn.edu.pe](https://repositorio.upn.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

8

Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola

Trabajo del estudiante

<1%